

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：95/0615²

※申請日期：95.2.23

※IPC 分類：C03C 13/04, G02B 6/12 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

複合聚合物纖維

COMPOSITE POLYMER FIBERS

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商3M新設資產公司

3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY

代表人：(中文/英文)

羅伯特 W 史普拉格

SPRAGUE, ROBERT W.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國明尼蘇答州聖保羅市3M中心

3M CENTER, SAINT PAUL, MINNESOTA 55133-3427, U.S.A.

國籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 11 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 安德魯 約翰 奧德科克
OUDERKIRK, ANDREW JOHN
2. 歐勒斯特 班森 二世
BENSON, OLESTER JR.
3. 詹姆士 卡爾 布瑞斯特
BREISTER, JAMES CARL
4. 羅伯特 勒維斯 布洛特
BROTT, ROBERT LEWIS
5. 周允中
CHOU, YEUN-JONG
6. 派翠克 路德 佛雷明
FLEMING, PATRICK RUDD
7. 威廉 約翰 寇佩基
KOPECKY, WILLIAM JOHN
8. 黛恩 諾斯
NORTH, DIANE
9. 羅傑 約翰 史杜摩
STUMO, ROGER JOHN
10. 克麗斯汀 拉薇兒 桑荷斯特
THUNHORST, KRISTIN LAVELLE
11. 布魯斯 布蘭登 威爾森
WILSON, BRUCE BRANDON

國 籍：(中文/英文)

1. 美國 U.S.A.
2. 美國 U.S.A.
3. 美國 U.S.A.
4. 美國 U.S.A.
5. 美國 U.S.A.
6. 美國 U.S.A.
7. 美國 U.S.A.
8. 美國 U.S.A.
9. 美國 U.S.A.
10. 美國 U.S.A.
11. 美國 U.S.A.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2005年02月28日；11/068,158

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明係關於一種複合聚合物纖維，其包含一聚合物填充材料及複數條安置在該填充材料內之聚合物散射纖維。該填充材料及該等散射纖維之至少一者係由雙折射材料形成。該填充材料及該等散射纖維之折射率對於以第一偏振狀態入射於該複合聚合物纖維上之光而言可大體上匹配且對於以正交偏振狀態入射之光而言可不匹配。可排列該等散射纖維以在該複合纖維內形成光子晶體。可將該等複合纖維擠壓且可形成為紗線、織物或其類似物。若該填充材料為可溶的，則可將其自該紗線或織物中洗滌出，且接著可以樹脂浸漬該等散射纖維，隨後將該樹脂固化。

六、英文發明摘要：

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (2A) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

200 複合纖維

202 散射纖維

204 填充劑

206 外層

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於聚合物纖維，且更特定言之係關於形成為光子晶體之"海島"聚合物纖維。

【先前技術】

光子晶體裝置提供用於控制各種組態之光之潛在可能。舉例而言，已藉由組態具有以特定圖案排列之一系列縱向孔之玻璃纖維形成光子晶體纖維，該特定圖案對沿纖維傳播之光提供限制。

然而，光子晶體裝置尚未顯著進入市場中。此情況之原因之一為難以製造光子晶體纖維，其使得此等裝置為昂貴的。

【發明內容】

本發明之一實施例係關於複合聚合物纖維，其包括聚合物填充材料及複數條安置在填充材料內之聚合物散射纖維。散射纖維具有大體上平行於複合聚合物纖維之縱向軸的縱向軸。填充材料及散射纖維之至少一者由雙折射材料形成，填充材料及散射纖維之折射率對於以第一偏振狀態入射於複合聚合物纖維上之光而言大體上匹配且對於以與第一偏振狀態正交之第二偏振狀態入射之光而言大體上不匹配。

本發明之另一實施例係關於光學體，其包括聚合物基質及複數條安置在聚合物基質內之聚合物複合纖維。聚合物複合纖維之至少一者在不同於第一聚合物材料之第二聚合

物材料之填充劑內包含第一聚合物材料之複數條散射纖維。聚合物複合纖維大體上平行地排列於聚合物基質中，聚合物基質、第一聚合物材料及第二聚合物材料之至少一者為雙折射的。

本發明之另一實施例係關於產生光學體之方法。該方法包括擠壓複合纖維，各複合纖維均含有複數條由第一聚合物製成之散射纖維，該等散射纖維分散在由第二聚合物製成之填充劑中，第二聚合物為可溶的。定向第一聚合物使得第一聚合物變成雙折射的。形成含有經定向複合纖維之紗線且接著在溶劑中洗滌以移除第二聚合物。形成紗線之陣列，其中紗線之陣列具有較佳定向。用樹脂浸透紗線之陣列且將樹脂硬化。

本發明之另一實施例係關於製造光學體之方法，該方法包含擠壓複合纖維，其中各複合纖維均含有複數條由第一聚合物製成之散射纖維。在由第二聚合物製成之填充劑內分散散射纖維。第一及第二聚合物之至少一者為可定向的。一起排列複合纖維且熔合其以形成經熔合光學體。

本發明之以上發明內容並不意欲描述本發明之每一所說明實施例或每個實施。以下圖式及詳細描述更具體地例證此等實施例。

【實施方式】

本發明適用於光學系統且更特定言之適用於控制並使用偏振光之系統。本發明係關於可將光子晶體結構併入主要由聚合物材料製造之裝置內的產品。聚合物之使用允許排

列一特定類型之聚合物材料之"島"，其具有另一類型之聚合物材料之"海"，有時被稱為"海島"結構，該結構形成纖維。此外，聚合物之使用允許共擠壓"海島"纖維，其中精密控制島之形狀及位置。對"海島"纖維之此控制允許相對便宜地製造二維光子結晶結構。另外，若聚合物材料之至少一者為雙折射的，則纖維變得對入射光之偏振敏感。可一起排列多個二維光子晶體結構，例如在墊層中排列或在薄膜內囊封，並橫向照射使得入射光經受大面積光子晶體效應，其為各纖維之盤旋行為。

可對使用本發明之纖維之裝置橫向照射而非沿纖維之軸照射，其可導致解除通常被認為與光子晶體裝置相關之限制。舉例而言，當光子晶體纖維用於縱向導引光時，必需由低損耗光學材料製造纖維，否則光通量為低的。當橫向照射光子晶體纖維時，另一方面，由於路徑長度相對較短因此可使用較高損耗之材料。

在許多應用中，需要實質折射率比以呈現二維光子能帶隙效應，例如1.0至2.6之比率。然而，若波長範圍及入射角範圍更為受限，則對折射率比之要求更寬鬆且可使用較小之折射率差異。然而，雙折射聚合物材料之使用允許折射率對比率對於一種選定偏振狀態而言顯著更高，例如折射率差異可在0.01至0.4之範圍內。因此，在相對寬之波長及入射角範圍上可見到一種偏振狀態之光學效應，而不顯著影響其他偏振狀態。

如本文所使用，術語"鏡面反射"及"鏡面反射率"係指其中

反射角等於入射角的來自物體之光線之反射率，其中相對於物體表面之法線量測角度。換言之，當光以特定角分佈入射於物體上時，反射光具有大體上相同之角分佈。術語"漫反射"或"漫反射率"係指其中某些反射光之角度不等於入射角之光線反射。因此，當光以特定角分佈入射於物體上時，反射光之角分佈不同於入射光之角分佈。術語"全反射率"或"全反射"係指所有光鏡面反射及漫反射之組合反射率。

同樣地，本文所用之術語"鏡面透射"及"鏡面透射率"係關於通過物體之光透射，其中透射光之角分佈大體上與入射光之角分佈相同。術語"漫透射"及"漫透射率"係用於描述通過物體之光透射，其中透射光具有不同於入射光之角分佈的角分佈。術語"全透射"或"全透射率"係指所有光鏡面透射及漫透射之組合透射。

圖1示意性地呈現根據本發明之例示性實施例之光學元件100的剖示圖。光學元件100包含一聚合物基質102，其亦被稱為連續相。聚合物基質可為光學上各向同性或光學上雙折射的。舉例而言，聚合物基質可為單軸或雙軸雙折射的，意味著聚合物折射率沿一個方向可不同且在兩個正交方向(單軸)上可相似或在所有三個正交方向(雙軸)上均不同。在基質102內安置複合聚合物纖維104。複合聚合物纖維104包含至少兩種材料。

聚合物纖維104可在基質102內組織為所說明之單一纖維或許多其他排列。某些例示性排列包括在聚合物基質、纖

物、非織物、切短纖維、切短纖維墊層(具有隨機或規則型式)或此等型式之組合內以一個方向排列之紗線、(纖維或紗線)之束。可拉伸、壓縮或定向切短纖維墊層或非織物以在非織物或切短纖維墊層內提供某些纖維對準，而不是具有纖維之隨機排列。

圖1採用右手卡氏座標(Right-handed Cartesian coordinate)，其中大約平行於x軸定位纖維104。以下討論亦假定纖維之縱向軸平行於x軸，儘管應理解該指定為任意的且僅為幫助解釋本發明。

在圖2A之橫截面中展示複合纖維200之一例示性實施例。複合纖維200包含許多內含於填充劑204內之散射纖維202。在某些實施例中，散射纖維202或填充劑204之至少一者為雙折射的。舉例而言，在某些例示性實施例中，至少某些散射纖維202係由雙折射材料形成且填充材料204為非雙折射的。在其他例示性實施例中，散射纖維202為非雙折射的同時填充材料204為雙折射的。在其他實施例中，散射纖維202與填充劑204兩者均為雙折射的。在此等不同變化中，在散射纖維202之材料與填充材料204之間之各界面為在雙折射材料與另一材料之間之界面(意即雙折射界面)且可有助於選定偏振狀態下光之優先反射及/或散射。在此等不同實施例之每一者中，其中埋入複合纖維之聚合物基質可為光學上各向同性的或雙折射的。

在某些其他實施例中，複合纖維200可由各向同性散射纖維202與各向同性填充材料204製成。其中埋入複合纖維200

之基質可為雙折射的。

可將散射纖維材料在x、y及z方向上之折射率稱為 n_{1x} 、 n_{1y} 及 n_{1z} ，且可將填充材料在x、y及z方向上之折射率稱為 n_{2x} 、 n_{2y} 及 n_{2z} 。若材料為各向同性的，則x、y及z折射率大體上均為匹配的。若材料為雙折射的，則x、y及z折射率之至少一者不同於其他者。在單軸材料中，折射率之兩者大體上為匹配的，同時第三者為不同的。在雙軸材料中，所有三種折射率均為不同的。

在各複合纖維200內在散射纖維202與填充劑204之間存在多個界面。若在散射纖維202與填充劑204之間形成界面之材料之至少一者為雙折射的，則可將界面稱為雙折射界面。舉例而言，若散射纖維202及填充劑204以界面折射率呈現其x及y折射率且 $n_{1x} \neq n_{1y}$ （意即散射纖維材料為雙折射的），則界面為雙折射的。

通常平行於說明為圖1之x軸的軸安置複合纖維104。在複合纖維104內之雙折射界面上平行於x軸偏振之光之折射率差異 $n_{1x} - n_{2x}$ 不同於平行於y軸偏振之光之折射率差異 $n_{1y} - n_{2y}$ 。因此，對於一種偏振狀態而言，複合纖維104中雙折射界面上之折射率差異相對較小。在某些例示性狀況下，折射率差異可小於約0.05或可小於0.03、小於0.02或小於0.01。認為此情形大體上為指數相匹配的。若此偏振方向平行於x軸，則x偏振光在穿過物體100的同時有很少或無反射或散射。換言之，x偏振光高度透射通過物體100。

另一方面，對於正交偏振狀態下之光而言，複合纖維104

之雙折射界面上之折射率差異可相對較高。在某些例示性實例中，折射率差異為至少約0.05且可更大，例如0.1或0.15或可為0.2。若此偏振方向平行於y軸，則在雙折射界面上反射y偏振光。因此，由物體100反射y偏振光。若複合纖維104內之雙折射界面大體上為彼此平行的，則反射基本上為鏡面的。另一方面，若複合纖維104內之雙折射界面並非大體上彼此平行的，則反射可大體上為漫射的。某些雙折射界面可為平行的，且其他界面可為非平行的，其可導致含有鏡面與漫射組份兩者之反射光。又，雙折射界面可為彎曲的或相對小的，其可導致漫散射。

雖然剛才描述之例示性實施例係關於在y方向上具有相對大之指數差異的x方向上指數匹配，但其他例示性實施例包括在x方向上具有相對大之指數差異的y方向上指數匹配。

聚合物基質102可大體上為光學各向同性的，例如具有小於0.05且較佳小於0.01之雙折射率 $n_{3x}-n_{3y}$ ，其中x及y方向之折射率分別為 n_{3x} 及 n_{3y} 。在其他實施例中，聚合物基質可為雙折射的。因此，在某些實施例中，對於不同偏振而言在聚合物基質與複合纖維材料之一者或兩者之間之折射率差異可為不同的。舉例而言，x折射率差異 $n_{1x}-n_{3x}$ 可不同於y折射率差異 $n_{1y}-n_{3y}$ 。在某些實施例中，此等折射率差異之一者可為其他折射率差異之至少兩倍。

在某些實施例中，折射率差異、雙折射界面之範圍及形狀以及散射纖維之相對位置可導致大於其他偏振之入射偏

振之一者之漫散射。此散射主要可為後向散射(漫反射)、前向散射(漫透射)或後向與前向散射兩者之組合。

用於聚合物基質及/或纖維中之合適材料包括在所要光波長範圍上透明之熱塑性及熱固性聚合物。在某些實施例中，聚合物在水中為不可溶的尤其適用。此外，合適聚合物材料可為非晶形或半結晶，且可包括均聚物、共聚物或其摻合物。實例聚合物材料包括(但不限於)聚(碳酸酯)(PC)；間規及等規聚(苯乙烯)(PS)；C1-C8烷基苯乙烯；含有烷基、芳族及脂族環之(甲基)丙烯酸酯，其包括聚(甲基丙烯酸甲酯)(PMMA)及PMMA共聚物；乙氧基化及丙氧基化(甲基)丙烯酸酯；多官能(甲基)丙烯酸酯；丙烯酸化環氧樹脂；環氧樹脂；及其他烯系不飽和材料；環烯及環烯共聚物；丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)；苯乙烯丙烯腈共聚物(SAN)；環氧樹脂；聚(乙烯基環己烷)；PMMA/聚(氟化乙烯)摻合物；聚(苯醚)混合物；苯乙烯嵌段共聚物；聚醯亞胺；聚砜；聚(氯化乙烯)；聚(二甲基矽氧烷)(PDMS)；聚胺基甲酸酯；不飽和聚酯；聚(乙烯)，其包括低雙折射聚乙烯；聚(丙烯)(PP)；聚(烷對苯二甲酸酯)，諸如聚(對苯二甲酸乙二酯)(PET)；聚(烷萘二甲酸酯)，諸如聚(萘二甲酸乙二酯)(PEN)；聚醯胺；離聚物；乙酸乙烯酯/聚乙烯共聚物；乙酸纖維素；乙酸丁酸纖維素；含氟聚合物；聚(苯乙烯)-聚(乙烯)共聚物；聚(碳酸酯)/脂族PET摻合物及PET與PEN共聚物，其包括聚烯烴PET及PEN。將術語(甲基)丙烯酸酯定義為相應之甲基丙烯酸酯或丙烯酸酯化合物。除間規PS

以外，可以光學各向同性形式使用此等聚合物。

當定向時此等聚合物之若干者變為雙折射的。詳言之，當定向時PET、PEN及其共聚物及液晶聚合物顯現雙折射率之相對較大值。可使用包括擠壓及拉伸之不同方法來定向聚合物。由於拉伸允許高度定向且可由許多便於控制之外部參數(諸如溫度及拉伸比)來控制，因此拉伸為尤其適用於定向聚合物之方法。在以下之表格I中提供許多定向及未定向之例示性聚合物之折射率。

表格I某些聚合物材料之典型折射率值

樹脂/摻合物	S.R.	T(°C)	n_x	n_y	n_z
PEN	1	-	1.64		
PEN	6	150	1.88	1.57	1.57
PET	1	-	1.57		
PET	6	100	1.69	1.54	1.54
CoPEN	1	-	1.57		
CoPEN	6	135	1.82	1.56	1.56
PMMA	1	-	1.49		
PC與CoPET摻合物	1	-	1.56		
THV	1	-	1.34		
PETG	1	-	1.56		
SAN	1	-	1.56		
PCTG	1	-	1.55		
PS與PMMA共聚物	1	-	1.55-1.58		
PP	1	-	1.52		
間規PS	6	130	1.57	1.61	1.61

PCTG及PETG(經二醇改質之聚對苯二甲酸乙二酯)為例如可以商標名Eastar™自Eastman Chemical Co., Kingsport, TN購得之共聚酯類型。THV為可以商標名Dyneon™自3M Company, St. Paul, MN購得之四氟乙烯、六氟丙烯及偏二氟乙烯之聚合物。PS/PMMA共聚物為共聚物之一實例，藉由改變共聚物中組份單體之比率以達成折射率之所要值從而"調節"該共聚物之折射率。標記為"S.R."之行含有拉伸比。

拉伸比為1意味著材料為未拉伸的且因此為未定向的。拉伸比為6意味著將樣品拉伸至其原始長度之六倍。若在恰當溫度條件下拉伸，則聚合物分子為定向的且材料變為雙折射的。然而，在材料玻璃溫度 T_g 以上拉伸材料而未定向分子是可能的。標記為"T"之行表示拉伸樣品所處之溫度。將經拉伸樣品拉伸為薄片。標記為 n_x 、 n_y 及 n_z 之行係指材料之折射率。若表格中未列出 n_y 及 n_z 之值，則 n_y 及 n_z 之值與 n_x 之值相同。

預期拉伸纖維時之折射率行為產生類似於但非必要相等於拉伸薄片之結果相同的結果。可將聚合物纖維拉伸至產生所要折射率值之任何所要值。舉例而言，可拉伸某些聚合物纖維以產生至少為3且可至少為6之拉伸比。在某些實施例中，可更大程度地拉伸聚合物纖維，例如拉伸至高達20之拉伸比或更多。

用於拉伸以達成雙折射之合適溫度為聚合物熔點之約80%，以開爾文(Kelvin)表示。亦可由應力引起雙折射，該應力由擠壓及薄膜形成製程期間所經歷之聚合物熔體之流動而引起。亦可藉由諸如薄膜物品中纖維之鄰近表面之對準來形成雙折射。雙折射可為正值或負值。當線性偏振光之電場軸方向平行於聚合物定向或對準表面時其經歷最高折射率，此時定義為正雙折射。當線性偏振光之電場軸方向平行於聚合物定向或對準表面時其經歷最低折射率，此時定義為負雙折射。正雙折射聚合物之實例包括PEN及PET。負雙折射聚合物之實例包括間規聚苯乙烯。

基質 102 及 / 或複合纖維 104 可具備各種添加劑以將所要性質提供給光學元件。舉例而言，添加劑可包括以下物質之一或多個：耐候劑、UV 吸收劑、受阻胺光穩定劑、抗氧化劑、分散劑、潤滑劑、抗靜電劑、顏料或染料、晶核形成劑、阻燃劑及發泡劑。可提供其他添加劑以改變聚合物之折射率或增加材料強度。舉例而言，此等添加劑可包括諸如聚合物珠粒或粒子及聚合物奈米粒子之有機添加劑，或諸如玻璃、陶瓷或金屬氧化物奈米粒子或經碾磨、有動力的、珠粒、薄片、纖維或微粒玻璃、陶瓷或玻璃-陶瓷之無機添加劑。此等添加劑之表面可具備黏合劑用於與聚合物黏合。舉例而言，矽烷偶合劑可與玻璃添加劑一起使用以黏合玻璃添加劑至聚合物。

在某些實施例中，基質 102 或填充劑 204 較佳為不可溶的或至少耐溶劑。具耐溶劑性之合適材料之實例包括聚丙烯、PET 及 PEN。在其他實施例中基質 102 或填充劑 204 較佳在有機溶劑中為可溶的。舉例而言，由聚苯乙烯形成之基質 102 或填充劑 204 在諸如丙酮之有機溶劑中為可溶的。在其他實施例中，基質較佳為水溶性的。舉例而言，由聚乙酸乙烯酯形成之基質 102 或填充劑 104 在水中為可溶的。

在光學元件之某些實施例中材料之折射率可在 x 方向上沿纖維長度改變。舉例而言，元件可不經受均勻拉伸，而是在某些區域中較其他區域更大程度地拉伸該元件。因此，可定向材料之定向程度並非沿元件是均勻的，且因而雙折射可沿元件空間地改變。

此外，在基質內併入纖維可改良光學元件之機械性質。詳言之，呈纖維形式之某些聚合物材料(諸如聚酯)比薄膜形式更為堅固，且因而含有纖維之光學元件可比不含有纖維之類似尺寸之光學元件更為堅固。此外，歸因於基質材料及纖維材料之機械性質之差異，可賦予元件機械性質增強。

聚合物材料之不同組合可用於散射纖維、填充材料及聚合物基質。在一實例中，散射纖維與填充材料兩者均由各向同性材料形成。散射纖維之折射率 n_1 可大於或小於填充材料之折射率。在另一實例中，散射纖維可為各向同性且填充材料可為雙折射的，例如 $n_{2x} \neq n_{2y}$ 。在此種狀況下，散射纖維之折射率值 n_1 可小於 n_{2x} 與 n_{2y} 兩者、約與 n_{2x} 與 n_{2y} 之一者相同、在 n_{2x} 與 n_{2y} 之間或大於 n_{2x} 與 n_{2y} 兩者。又， n_{2x} 之值可大於 n_{2y} 之值，或 n_{2x} 之值可小於 n_{2y} 之值。

在另一實例中，填充材料可為各向同性且散射纖維可為雙折射的，例如 $n_{1x} \neq n_{1y}$ 。在此種狀況下，填充材料之折射率值 n_2 可小於 n_{1x} 與 n_{1y} 兩者、約與 n_{1x} 與 n_{1y} 之一者相同、在 n_{1x} 與 n_{1y} 之間或大於 n_{1x} 與 n_{1y} 兩者。又， n_{1x} 之值可大於 n_{1y} 之值，或 n_{1x} 之值可小於 n_{1y} 之值。在另一實例中，填充材料與散射纖維兩者均可為雙折射的，例如 $n_{1x} \neq n_{1y}$ 且 $n_{2x} \neq n_{2y}$ 。在此種狀況下，填充材料之折射率值 n_{2x} 與 n_{2y} 可各自小於 n_{1x} 與 n_{1y} 兩者、約與 n_{1x} 與 n_{1y} 之一者相同、在 n_{1x} 與 n_{1y} 之間或大於 n_{1x} 與 n_{1y} 兩者。此外， n_{1x} 之值可大於或小於 n_{1y} 之值，且 n_{2x} 之值可大於或小於 n_{2y} 之值。

可以許多不同方式組態複合纖維。舉例而言，複合纖維

可呈現不同橫截面形狀。在圖2A中，複合纖維200具有圓形橫截面形狀。圖2B及2C中複合纖維210及220之其他例示性實施例分別具有橢圓形及正方形橫截面形狀。可使用例如規則及不規則多邊形狀或組合曲邊及直邊之橫截面形狀之其他橫截面形狀，且不意欲將本發明限於圖解所示之彼等橫截面形狀。

複合纖維之直徑或其他橫截面尺寸至少足夠大以包括兩個或兩個以上散射纖維。不存在對複合纖維之直徑或其他橫截面尺寸之上限，但存在對纖維可製造性之實用限制。

複合纖維可視情況具備外層206。外層206例如可用於影響複合纖維與複合纖維埋入其中之聚合物基質之間的黏著力。在某些實施例中，外層206可由增加複合纖維與聚合物基質之間之黏著力的材料形成，該材料例如為用於增加聚合物基質與聚合物纖維之間之黏著力的聚酯樹脂塗料、矽烷塗料或其他底塗劑。在其他實施例中，外層206可由減小聚合物纖維與周圍聚合物基質之間之黏著力的材料製成，該材料例如為碳氟化合物材料、聚矽氧材料及其類似物。在某些實施例中，外層206可用於提供抗反射功能，例如藉由在填充劑204與聚合物基質之間提供某些折射率匹配。

散射纖維202之位置在複合纖維內可為隨機的，例如圖2A-2C之例示性實施例之圖解說明。可使用散射纖維之其他排列。舉例而言，在複合纖維230內規則地排列散射纖維202，例如作為二維光子晶體結構。圖2D所說明之纖維230之例示性實施例展示以二維陣列排列之散射纖維202，其中

y方向上鄰近散射纖維202之間之间距 d_y 與z方向上之间距 d_z 相同。橫向入射於此複合纖維230上之光表明沿y及z方向入射之光之相似光譜特徵。

在圖2E所說明之複合纖維240之例示性實施例中，以二維陣列排列散射纖維202，其中y方向上之间距 d_y 不同於z方向上之間隔 d_z 。橫向入射於此複合纖維240上之光表明沿y及z方向入射之光之不同光譜特徵。更特定言之，更大z間隔趨向於使得沿z方向入射之光之最大反射率的波長大於沿y方向入射之光。

圖2D及2E之散射纖維202以矩形網格圖案存在，應理解該矩形網格圖案包括圖2D之正方形網格圖案。在鄰近散射纖維202之間之间距例如可在50 nm-500 nm之範圍中。

散射纖維202之其他規則排列為可能的。舉例而言，在圖2F橫截面中所圖解說明之複合纖維250中，散射纖維202沿y方向成列存在，其中鄰近列中之纖維在y方向上彼此偏移。在此特定實施例中，鄰近列之間之偏移使得以六邊形圖案而非正方形或矩形圖案排列散射纖維202。對於以不同方向橫向入射於複合纖維250上之光，諸如透射率及反射率之光譜特徵為相對均勻的。

對於圖2G之複合纖維255圖解說明圖2F之排列變化，其中在最鄰近散射纖維202之間之間隔在一個方向上大於其他方向上，在此特定狀況下z方向上大於y方向上。橫向入射於複合纖維250之光之光譜特徵較入射於複合纖維255之光之光譜特徵更為均勻。舉例而言，z方向上之更大間距趨向

於將反射及透射光譜中之光譜特徵轉換為更大波長。

在其他例示性實施例中，散射纖維202可形成其他圖案。舉例而言，可排列散射纖維使得以規則陣列填充某些但非所有位置。此外，可在鄰近散射纖維或散射纖維之基團之間引入間隔或間隙。可選擇此等基團或間隔及間隙之大小及分佈以產生特定所需之光譜特徵。舉例而言，散射纖維之某些排列可為特定波長範圍中之光充當二維光子晶體，其可導致光譜選擇性反射及/或透射。二維光子結晶結構可呈現色彩偏移效應，其中反射及/或透射光譜視光入射於複合纖維上之角度而定。藉由控制大小，可控制複合纖維之各種區域之折射分佈及折射率、色移性質。此外，複合纖維允許進一步控制作為入射角之函數之色移性質。舉例而言，可使色移以完全不同於入射光之極角之方式視入射光之方位角而定。

光子晶體纖維(PCF)之先前研究集中於使用散射位點(諸如包圍例如玻璃纖維之纖維核心之縱向孔)之週期排列以沿纖維導引光。纖維核心內之光限制歸因於由纖維內孔之特定排列所引起之光子帶隙。纖維中孔排列之不對稱性允許纖維表明偏振依賴性波導性質。然而，重要的是應注意此等偏振依賴性性質並非歸因於纖維中所用材料之雙折射而出現。

本文所揭示類型及可由複合纖維形成之光學元件類型之複合纖維顯著不同於用於此等PCF研究中之玻璃纖維。首先，複合纖維包括散射纖維，而玻璃PCF具有作為散射位點

之孔。另外，在某些實施例中，複合纖維之材料包含至少一種雙折射材料，而先前PCF僅含有各向同性材料。

又，在某些實施例中，在複合纖維橫截面上之散射纖維密度可為相對均勻的，其中在大體上整個複合纖維橫截面上定位散射纖維。散射纖維之總橫截面積可構成複合纖維橫截面積之約1%-95%，較佳為10%-90%且更佳為10%-50%。複合纖維中之填充比不必需為均勻的。然而，先前PCF中之散射位點通常集中在纖維中心核心周圍，其中包圍核心之大面積缺乏散射位點。因此，散射位點之橫截面積構成先前PCF之總橫截面積之小部分。

可使用已知方法選擇複合纖維內散射纖維之特定排列以提供對於使用複合纖維之光學元件之反射及透射的特定光譜回應。

現在描述展示可能散射纖維排列之不詳盡選擇的複合纖維之額外例示性實施例。在圖2H圖解說明之複合纖維260之例示性實施例中，在纖維260中心周圍之區域中規則地排列某些散射纖維202，但纖維260之中心部分無散射纖維。在圖2I圖解說明之複合纖維265之另一實例中，以同心環206排列散射纖維202。對於諸如透射及/或反射之特定光學性質可選擇散射纖維202之大小及間隙大小及/或同心環。在圖2I所說明之實例中，展示散射纖維位於由六邊形網格設定之位置上。此非必需條件，且可以例如圖2J圖解說明之放射同心圖案形成散射纖維202。

在某些實施例中，散射纖維202不需均為相同大小。舉例

而言，如圖2J及2K所說明之複合纖維270及275之實施例所示，複合纖維可包括不同橫截面大小之散射纖維。在此等特定實施例中，散射纖維202a在橫截面中相對較大且散射纖維202b在橫截面中相對較小。散射纖維202可分為至少兩個不同大小之組且實際上均可為不同大小。此外，例如圖2I所說明，散射纖維202可位於複合纖維中心，或在複合纖維中心不存在散射纖維202；例如圖2J中在複合纖維270周圍但非中心定位散射纖維202a。實務上，散射纖維202之尺寸可在一範圍內而非為單一值。

如上所討論，複合纖維不需為圓形，且可具有非圓形橫截面。在說明中，圖3A及3B展示分別含有正方形及六邊形圖案之散射纖維202之非圓形複合纖維300、310。非圓形纖維可具有在規則網格圖案之點上定位之其散射纖維202，但不必需網格圖案之所有位置均與散射纖維202相關。舉例而言，圖3C圖解說明之非圓形複合纖維320含有在六邊形網格上定位之散射纖維202，但在纖維之間可存在某些間隙312。在散射纖維202之此特定排列中不存在對稱軸。

在圖3D及3E中圖解說明非圓形複合纖維330、340之其他例示性實施例。此等例示性非圓形複合纖維330、340為正方形橫截面且含有以不同例示性圖案排列之散射纖維202。在六邊形網格圖案上排列複合纖維330中之散射纖維202，而以正方形網格圖案排列複合纖維340中之散射纖維202。在每一狀況下，在散射纖維202之排列內均存在間隙。

本發明之範疇意欲涵蓋複合纖維內散射纖維之所有排

列。在某些例示性排列中，可設定散射纖維之相對位置、散射纖維之大小及散射纖維與填充材料之間之折射率差異以將所要光譜選擇性性質提供給複合纖維。此等光譜選擇性性質之實例包括(但不限於)反射及透射。在複合纖維之某些實施例中，散射纖維之橫截面位置可導致入射光之不連續散射。在其他實施例中，散射纖維之位置可導致引起光子晶體性質之散射光之相干效應。複合纖維內散射纖維之平均密度可涵蓋大範圍，例如由散射纖維佔據之複合纖維之橫截面積分數可在如上討論之範圍中，即1%至95%、較佳為10%至90%且更佳為10%至50%，儘管散射纖維密度亦可在此等範圍之外。

散射纖維202之大小對散射有顯著影響。圖4中展示作為散射纖維平均半徑之函數的散射有效性、即標準成比例光學厚度(NSOT)之曲線。NSOT由以下表達式給出：

$$NSOT = \tau(1-g)/(tf)$$

其中 τ 為光學厚度且等於 tk ，其中 k 為每單位體積之消光橫截面(消光之平均自由路徑之倒數)， t 為漫射體厚度， f 為漫射體之體積分數且 g 為不對稱參數。對於純前向散射 g 值為+1，對於純後向散射為-1且對於相等前向及後向散射為零。用於產生曲線之計算假定入射光之真空波長為550 nm。

如所見，散射有效性在約150 nm半徑時最大，且在約50 nm-1000 nm之半徑範圍上具有約為最大值一半之值。散射纖維可具有任何所要橫截面尺寸，但對於在約550 nm之波長下集中之光，橫截面尺寸可在約50 nm至約2000 nm之範

圖中且更佳在約 100 nm 至約 1000 nm 之範圍中。當散射纖維具有近似圓形之橫截面時橫截面尺寸為直徑，且對於非圓形纖維橫截面而言橫截面尺寸可作為散射纖維寬度。當複合纖維用於其中入射光之波長在光譜能見區以外(例如在紫外或紅外區域中)之應用時，散射纖維之大小可為不同的。一般而言，散射纖維之橫截面尺寸之較佳範圍為約 $\lambda/10$ 至約 4λ ，其中 λ 為光之真空波長。若光存在於波長之範圍中，則 λ 值可作為波長範圍之中心值，儘管複合纖維亦可具備具有尺寸範圍之散射纖維。

若散射纖維過小(例如小於複合纖維內光波長之約三十分之一，或對於真空中 550 nm 光而言低於約 0.012 μm)且若散射纖維密度足夠高(例如在複合纖維體積之約 60%-80% 之範圍內)，則光學元件充當在散射纖維之指數與沿任何給定軸之填充劑之指數之間具有稍微有效之折射率的基質。在此種狀況下，散射很少光。當散射纖維之橫截面大小變得顯著大於光波長(例如至少為波長之三倍或三倍以上)時，散射效率變得很低且可出現虹彩效應。

散射纖維之橫截面尺寸可視光學材料之所要用途而改變。因此，舉例而言，散射纖維之尺寸可視特定應用中相關之光波長而改變，其中散射或透射可見光、紫外光及紅外光需要不同尺寸。然而，散射纖維之尺寸通常應約大於材料中相關波長範圍內之最小光波長之約三十分之一。

在所要尺寸範圍之上部，散射纖維之平均尺寸較佳等於或小於材料中相關波長範圍內之光波長之兩倍且較佳小於

所要波長之0.5。

複合纖維內散射纖維之密度影響所發生之散射量。在散射纖維之間的中心至中心間距為約 $\lambda/10$ 至約 2λ 是適用的，其中 λ 為入射光之中心或平均真空波長。

散射纖維之橫截面可為圓形，但不必需為圓形且可具有其他橫截面形狀。在圖3F橫截面中圖解說明之例示性複合纖維350中，散射纖維352具有正方形橫截面。可使用例如規則及不規則多邊形狀之其他橫截面形狀，諸如三角形、矩形或六邊形或組合曲邊及直邊之橫截面形狀。不意欲將本發明限於具有該等說明中所示之彼等橫截面形狀之散射纖維。

當中心至中心纖維間距為非均勻時，使用具有非圓形橫截面之散射纖維是適用的，因為其允許散射纖維填充複合纖維橫截面積之更大部分。舉例而言，若在矩形網格上排列散射纖維且y方向上之中心至中心間距為z方向上之兩倍，則當散射纖維具有在y方向上比z方向上長兩倍之橢圓形橫截面時，該等散射纖維較散射纖維為圓形時填充複合纖維之更大橫截面。

在圖3G-3I中圖解說明具有非圓形橫截面之散射纖維之某些額外例示性排列。可排列非圓形散射纖維，其橫截面形狀以隨機方向排列。在其他實施例中，可相對於彼此對準散射纖維之橫截面。舉例而言，在圖3G中，複合纖維360由其中埋入具有橢圓形橫截面之散射纖維362的填充劑204形成。在此特定實施例中，散射纖維362對準平行於y軸之

其橫截面橢圓之長軸。

散射纖維之橫截面形狀可為擠壓模形狀之結果，或可為擠壓之後光學元件之後處理的結果。

不必需使其橫截面均對準地排列散射纖維，而不同散射纖維可在複合纖維內具有不同對準。在圖3H圖解說明之複合纖維370之例示性實施例中，散射纖維372具有橢圓形橫截面且排列某些纖維372a使其長軸平行於z軸，同時排列其他纖維372b使其短軸平行於z軸。在各方向上對準約一半之散射纖維372。又，在複合纖維370之橫截面內規則地排列全體纖維372a及372b。應理解在複合纖維370之橫截面內亦可不規則地排列全體纖維372a及372b。

所說明實施例之其他變化是可能的。舉例而言，並非所有散射纖維均需要具有相同橫截面形狀、大小或對準。此外，在橫截面上對準散射纖維以在複合纖維內形成圖案。在圖3I中圖解說明此複合纖維380之一特定實例。將具有兩種不同橫截面形狀之散射纖維、即橢圓形纖維382及圓形纖維384埋入填充劑204中。在所說明之實施例中，對準橢圓形纖維382使得其橢圓形橫截面之短軸指向最靠近之圓形纖維384。可使用散射纖維之其他圖案。

在複合纖維內散射纖維可為扭開的，使得散射纖維之一面沿散射纖維之長度指向複合纖維之一面。在其他例示性實施例中，在複合纖維內散射纖維可為扭絞的，使得在沿散射纖維長度之不同點處散射纖維之一面朝向複合纖維之不同面。

當指數不匹配為促進複合纖維內偏振依賴性散射所依賴之主要因素時，複合纖維之橫截面形狀亦可對散射有影響。舉例而言，當散射纖維之橫截面為橢圓形時，橢圓形橫截面形狀可有助於後向散射光與前向散射光兩者中之不對稱漫射。該效應可增加或減小來自指數不匹配之散射量。

此外，散射纖維之橫截面尺寸沿其長度為均勻的，或對於沿散射纖維長度之不同點而言橫截面尺寸為不同的。在圖3J-3M中圖解說明此變化之實例，該等圖展示x-y平面中穿過複合纖維之縱向橫截面視圖。在圖3J所說明之實施例中，複合纖維400包括埋入基質402內之散射纖維404。在此特定實施例中，散射纖維404具有其中橫截面尺寸相對較小之區域406及其中橫截面尺寸相對較大之區域408。例如藉由暫時減小或增大散射纖維聚合物上之壓力同時共擠壓複合纖維400可產生此等區域406、408。

在圖3K圖解說明之另一實施例中，複合纖維410包括基質412內之散射纖維414，其中在某些區域416中將散射纖維414之橫截面寬度減小至零。藉由共擠壓期間更大程度地減小散射纖維聚合物之壓力可達成此情況。

並非所有散射纖維均需要以相同方式在橫截面尺寸上變化。舉例而言，圖3L及3M分別展示類似於圖3J及3K之橫截面，但其中某些散射纖維404a、414a具有均勻橫截面尺寸且其他散射纖維404b、414b在橫截面尺寸上不同。例如藉由具有通向用於散射纖維聚合物之共擠壓進料塊的兩個輸入端可達成某些散射纖維404b、414b之此變化。輸入端之

一者經受恆定壓力以產生具有恆定橫截面之散射纖維404a、414a，同時另一輸入端經受壓力之變化以產生具有變化橫截面之散射纖維404b、414b。

在某些實施例中，散射纖維可具有核心及外殼構造。圖5中示意性呈現具有由外殼及核心構造形成之散射纖維502之複合纖維500的例示性實施例。在此實施例中，複合纖維500具有外層506且散射纖維502埋入填充劑504內。散射纖維502由包圍核心510之外殼層508形成。外殼層508及核心510由相同或不同材料製成。外殼層508及核心510可由聚合物材料(例如如上描述之聚合物材料)形成。核心510可為空心的或可由可為固體、液體或氣體且可為有機或無機之合適介質佔據。核心510之橫截面形狀沿散射纖維502之長度可為均勻的或可沿散射纖維502之長度改變。可考慮與外殼508之雙折射界面處之折射率差異而選擇核心510中所用介質之折射率，使得在雙折射界面處獲得所要程度之反射或散射。上文已討論合適各向同性及雙折射聚合物材料。在某些實施例中，可形成外殼/核心散射纖維502，其中外殼508或核心510之一者由雙折射材料形成或外殼508與核心510兩者均可由雙折射材料形成。在其他實施例中，外殼508與核心510兩者均可由各向同性材料形成。

例如可使用外殼508以影響散射纖維502與填充劑504之間之黏著力。在某些實施例中，外殼508可由增加散射纖維502與填充劑504之間之黏著力的材料形成，該材料例如為用於增加聚合物基質與聚合物纖維之間之黏著力的聚酯樹

脂塗料、矽烷塗料或其他底塗劑。在其他實施例中，外殼508可由減小散射纖維502與填充劑504之間之黏著力的材料製成，該材料例如為碳氟化合物材料、聚矽氧材料及其類似物。在某些實施例中，外殼508可用於提供抗反射功能，例如藉由在核心510與填充劑504之間提供某些折射率匹配。

複合纖維可形成為紗線600，圖6中圖解說明其一例示性實施例。藉由一起扭絞經定向纖維602以形成紗線且接著填充填充材料內纖維602之間之間隔可形成紗線600。在另一方法中，藉由一起扭絞各向同性纖維602可形成紗線600，其中纖維係由可定向材料製成。例如藉由在形成紗線之後拉伸可接著定向纖維。在定向纖維602之材料之前或之後在經扭絞纖維602之間施加填充材料。在其他例示性實施例中，纖維602可由非雙折射材料製成，其中填充劑由可定向材料形成。紗線600不限於含有僅為可定向材料之纖維，且可包括其他纖維，例如其他各向同性或雙折射聚合物材料之纖維；諸如棉、絲或麻之天然纖維；及諸如玻璃或玻璃-陶瓷纖維之無機纖維。

紗線600可包括包含玻璃、陶瓷及/或玻璃-陶瓷材料之纖維或纖維片段。玻璃-陶瓷材料通常包含95-98體積百分比之很小晶體，其大小通常小於 $1\ \mu\text{m}$ 。某些玻璃-陶瓷材料具有小達50 nm之晶體大小，使得其在可見波長下有效地透明，因為晶體大小小於可見光波長如此之多。此等玻璃-陶瓷亦可在玻璃與結晶區域之折射率之間具有非常少或無有效差

異，使得其在視覺上為透明的。除透明度外，玻璃-陶瓷材料可具有超過玻璃之斷裂強度，且已知具有零或甚至負值之熱膨脹係數。相關玻璃-陶瓷具有包括(但不限於) $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{ZnO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 及 $\text{ZnO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{ZrO}_2-\text{SiO}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 及 $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 之組成。

某些陶瓷亦具有足夠小之晶體大小使得若其埋入具有適當匹配之折射率之基質聚合物中則看起來透明。自 3M Company, St. Paul, MN 可購得之 Nextel™ 陶瓷纖維為此類型材料之實例且已經作為細線、紗線及編織墊層獲得。在 Chemistry of Glasses, 第2版 (A. Paul, Chapman and Hall, 1990) 及 Introduction to Ceramics, 第2版 (W.D. Kingery, John Wiley and Sons, 1976) 中進一步描述合適陶瓷或玻璃-陶瓷材料。

紗線 600 可包括不遍佈紗線 600 全部長度之纖維片段，其通常被稱為切段纖維。在某些實施例中，紗線 600 可囊封於聚合物基質內，其中基質填充包含紗線 600 之纖維 602 之間的間隔。在其他實施例中，紗線 600 可具有在纖維 602 之間的填充劑。

上文已討論用於紗線 600 中之合適雙折射聚合物材料。

在其他實施例中，可一起扭絞兩個或兩個以上複合纖維以形成紗線。

可以許多不同方式在聚合物基質內排列本揭示之複合纖維以形成光學元件。舉例而言，如圖 1 所說明，在基質 102

之橫截面積上隨機排列複合纖維104。可使用其他排列。舉例而言，在展示穿過光學元件700之橫截面之圖7A中圖解說明的例示性實施例中，在基質702內以一維陣列排列複合纖維704，其具有在鄰近複合纖維704之間之規則間距。在此實施例之某些變化中，對於所有纖維704而言在鄰近複合纖維704之間之間距不必需為相同的。圖式圖解說明由來自光源706之光705橫向照射之光學元件700。某些光708a透射通過元件700且某些光708b由元件700漫射地反射。

一般而言，拉長複合聚合物纖維704之雙折射界面，其沿複合纖維704之一方向延伸。在包括複合纖維之光學元件之某些例示性實施例中，散射纖維704平行於x軸，且因此漫射反射光主要散射入垂直於纖維之平面y-z平面中，且在x-z平面中存在很少散射。併入具有偏振依賴性散射特徵之複合纖維之光學元件其本身可表明偏振依賴性特徵。舉例而言，光學元件可為透射一種偏振狀態之光且漫射地反射正交偏振狀態之光的反射式偏光器。

在圖7B橫截面中圖解說明之光學元件之另一例示性實施例中，將複合纖維714以規則二維陣列形式排列在基質712內。在所說明之實施例中，y方向上鄰近複合纖維714之間之間距 h_y 與z方向上鄰近複合纖維714之間之間距 h_z 相同。並非必需為此狀況，且如圖7C圖解說明，z方向上之間距可不同於y方向上之間距。此外，纖維714不必需平行於z軸成列對準，但(例如)如圖7D所圖解說明在鄰近列之間可存在偏移，從而產生經六邊形封裝之纖維圖案。可使用纖維714之

其他規則圖案。

在其他實施例中，複合纖維之間之間距可沿基質之寬度(意即沿y方向)、穿過基質之厚度(意即沿z方向)改變或可在沿y與z方向之不同位置改變。舉例而言，在圖7E圖解說明之實施例中，光學元件715具有埋入基質712中之複合纖維714。在此特定實施例中，在該圖中心之一個區域中相對於任一側之鄰近區域降低鄰近複合纖維714之間之中心至中心間距。因此，增加彼區域之填充係數，意即由複合纖維714佔據之橫截面積分數。填充係數之此變化例如可適用於改良自光源716通過元件715透射之光之均勻性。此可為重要的，例如其中元件715包括於由離散光源照明之直接視窗中。在此等裝置中，為檢視器提供均勻照明之影像是重要的。當在均勻漫射體後方置放光源時，穿過漫射體透射之光之亮度在光源上方為最高的。圖7E中說明之填充係數之變化可用於增加直接在光源716上方之漫射量，從而減小透射光強度之非均勻性。

光學元件可具有平坦表面，例如圖1中所示垂直於z軸之平坦表面。光學元件亦可包括一或多個表面，其經結構化以為穿過光學元件透射或由光學元件反射之光提供所要光學效應。舉例而言，在圖7F圖解說明之一例示性實施例中，由基質722及許多複合纖維724形成之元件720可具有一或多個彎曲表面726。彎曲表面726將聚焦或散焦光功率提供給穿過表面726透射之光。在所說明之實施例中，光線728代表平行於元件720之透射軸偏振之光線之實例，其由彎曲

折射表面726聚焦。在此實例中，彎曲折射表面726為元件720之輸出表面，穿過該表面由元件720透射之光退出元件720。在其他例示性實施例中，元件720之進入表面(光穿過其進入元件720)可具有彎曲表面。輸入表面或輸出表面之任一者可包括諸如菲涅耳透鏡(Fresnel lens)結構之其他結構，該等結構將光功率提供給穿過結構化表面之光。

結構化表面亦可包括除曲線區域之外或代替曲線區域之直線區域。舉例而言，在圖7G圖解說明之另一例示性實施例中，由含有複合纖維734之基質732形成之元件730可具備被稱為亮度增強表面之稜柱形結構化表面736。舉例而言，在背光液晶顯示器中通常可使用亮度增強表面以減小照明顯示面板之光之圓錐角，且從而增加檢視器之軸上亮度。圖式展示兩個離軸光線738及739之實例。光線738呈由複合纖維734透射且亦由結構化表面736轉向z軸之偏振狀態。光線739呈由複合纖維734漫射地反射之偏振狀態。可排列亮度增強表面使得稜鏡結構平行於纖維734，如說明其亦平行於x軸。在其他實施例中，稜鏡結構可相對於纖維方向成某些其他角度。舉例而言，稜鏡結構可形成平行於y軸、垂直於纖維734或在x軸與y軸之間之某角度的稜紋。

可使用任何合適方法在基質上形成結構化表面。舉例而言，可固化基質同時其表面接觸工具(諸如微複製工具)表面，其工具表面在基質表面上產生所要形狀。

在光學元件之不同區域上可存在散射纖維。圖7G中，複合纖維734不位於由結構化表面736形成之結構737中，而僅

位於元件730之主體731中。在其他實施例中，可不同地分佈複合纖維734。舉例而言，在圖7H圖解說明之光學元件740中，複合纖維734位於元件740之主體731與由結構化表面736形成之結構737兩者中。在圖7I圖解說明之另一實例中，複合纖維734僅位於元件750之結構737中且不位於元件750之主體731中。

圖7J中圖解說明本發明之另一例示性實施例，其中元件760具有基質762中之聚合物纖維764。在此特定實施例中，某些纖維764a不完全埋入基質762內，而是穿透基質762之表面766。

在於2005年2月28日申請之標題為REFLECTIVE POLARIZERS CONTAINING POLYMER FIBERS且代理人案號為58959US002之共同擁有美國專利申請案序號第11/068,157號中進一步描述複合纖維於偏光器元件中之使用。在於相同日期申請之標題為COMPOSITE POLYMERIC OPTICAL FILMS WITH CO-CONTINUOUS PHASES且代理人案號為60401US002之美國專利申請案序號第11/068,159號中亦討論散射纖維於光學元件中之使用。

在某些例示性實施例中，安置在光學元件內之複合纖維含有大量不同之聚合物材料，該等聚合物材料包括至少一種雙折射材料及例如大體上非雙折射材料之另一材料。可以許多不同方式排列此等不同材料，例如以規則交替層形式或作為安置在其他材料"池"內之一種材料之精細纖維。基質材料可具有較少或無雙折射，或可為相反雙折射的。

舉例而言，若纖維中之雙折射材料具有 $n_x > n_y$ ，則基質材料可具有 $n_y > n_x$ 。

現在參考圖8A-8D討論一種製造包括根據本發明之複合纖維之光學元件的方法。一或多個複合纖維802安置在第一聚合物層804上(圖8A)，且在聚合物纖維802上澆鑄或另外形成第二聚合物層806(圖8B)。第一聚合物層804及第二聚合物層806可具有相同聚合物材料或不同材料。

纖維802可個別地安置或作為纖維束安置，該纖維束為非共同扭絞之纖維802之排列。詳言之，纖維束可形成大體上在一平面中且大體上平行於彼此之複合纖維802之層。圖9中圖解說明纖維束906。可存在橫構架908以為聚合物纖維802提供支撐且使聚合物纖維802相對於其鄰近者保持所要間距。舉例而言，若以連續製程將聚合物纖維802安置在第一聚合物層804上，則不必需存在橫構架908。

纖維802亦可作為織物之一部分安置在第一層804上。圖10中圖解說明織物1006，其中複合纖維802形成經紗且橫纖維1008形成緯紗。橫纖維1008可由任何合適之有機或無機纖維材料製成，且例如可為諸如各向同性或雙折射纖維或天然纖維(諸如棉、絲及麻)之聚合物纖維。在其他例示性實施例中，橫纖維1008可為玻璃纖維，例如E玻璃、S玻璃纖維或其他類型玻璃纖維。橫纖維1008之折射率可大體上匹配周圍聚合物基質之折射率，使得其對穿過光學元件之光具有減小之光學效應。另外，並非所有經紗纖維均必需為含有雙折射界面之複合纖維802。舉例而言，某些經紗纖維

亦可為各向同性纖維且可由與橫纖維相同類型之纖維形成。

可使用任何合適編織方法形成織物。舉例而言，織物可為所說明之平紋織物、斜紋織物、緞紋織物或某些其他類型之織物。在某些例示性實施例中，複合纖維802在織物內為相對平坦的，例如圖11A中部分橫截面之示意性展示。注意此圖遵照複合纖維802大體上沿x方向之慣例。在某些例示性實施例中，複合纖維802在織物中維持單一定向而不扭絞。

在其他實施例中，織物內複合纖維802不必需為平坦的。圖11B中圖解說明在此織物1106中之例示性部分橫截面。注意此圖中之視圖不同於圖11A之視圖是重要的。圖11A展示橫纖維1008之側面，而圖11B展示聚合物纖維802之側面。座標軸遵照用於先前圖式中之慣例，因此聚合物纖維802通常位於平行於x軸之方向。然而，由於複合纖維802在織物1106內波動，因此聚合物纖維802之雙折射界面並非均精確平行於x軸。因此，由複合纖維802反射或散射之光可在x-z平面中以不同角度散射。在說明中，光1102以垂直於x軸之方向入射於纖維802上，且光1102之一部分經由角度 α 反射，視光1102"向下"或"向上"入射於聚合物纖維802上而定，其組份在正x方向上或負x方向上。因此，聚合物纖維802亦可在x-z平面中漫射反射光。x-z平面中漫射反射光之圓錐角視織物內複合纖維802之形狀而定：自平行於x方向偏離之纖維802之部分越大，x-z平面中光之角分佈就越大。

可以分批方法或以連續方法形成光學元件。在連續方法中，將較佳為紗線、纖維束或織物形式之纖維802安置在第一聚合物層804上且接著在纖維802上連續澆鑄或另外形成第二聚合物層806。第二聚合物層806可在浸漬步驟中浸漬入纖維802中。接著可將第二層806固化或使其凝固。

第一聚合物層804可為熱塑性聚合物或熱固型聚合物。第二及隨後聚合物層806、808亦可為熱塑性或熱固型聚合物。可將熱塑性聚合物施加至先前聚合物層804且經由包括熱量及壓力、溶劑塗布及乾燥或原位聚合之各種方法浸漬入纖維802中。可在纖維802及先前聚合物層804及806上塗布並經由曝露至壓力、熱量、光化輻射及/或經過時間固化熱固型聚合物。

在製造元件之替代方法中，具有某些所需光學、物理或表面性質之聚合物薄膜804可用作纖維802安置於其上之基板。熱塑性或熱固性樹脂或可固化組合物可作為第二聚合物薄膜806施加以浸漬纖維802之一或多層，且接著可施加第二基板808以在纖維802及樹脂或可固化組合物之第二聚合物薄膜806周圍產生夾層型結構。接著可固化、硬化或使可固化樹脂起反應以形成層板。在此狀況下基板804、808可由與熱塑性、熱固性樹脂或可固化組合物相同之材料製成，或其可由不同材料製成。可代替用於第二層806之熱塑性或熱固性樹脂或可固化組合物而使用多種壓敏性黏著劑及熱熔性黏著劑。在某些實施例中，第一及第二基板804、808可緊密黏附至含有纖維802之熱塑性或熱固性樹脂或可

固化組合物806。在其他實施例中，第一及第二基板804、808可為可移動的。

若需要，則可連同聚合物材料808之隨後層一起添加複合纖維802之額外層。舉例而言，圖8C及8D展示在第二聚合物層806上添加一組複合纖維802且施加第三聚合物層808。

在製造具有一層以上之雙折射纖維單一層之光學元件的另一例示性方法中，可在第一聚合物層上安置兩層或兩層以上纖維之，且接著在單一步驟中在作為聚合物基質之纖維上澆鑄第二層聚合物材料。

在以複合纖維製造偏光器之另一例示性方法中，可在複合纖維埋入聚合物基質之前移除複合纖維之填充劑，例如藉由溶解於溶劑中。接著聚合物基質可用作複合纖維之散射纖維之間的填充劑。當以紗線、纖維束或織物形式提供複合纖維時此方法尤其適用。

產生複合纖維之合適方法包括擠壓具有雙折射散射纖維及可溶性填充劑之複合纖維。合適水溶性填充劑包括聚乙炔吡咯啉酮、乙酸纖維素及聚乙烯醇。合適聚乙烯醇包括由水解至約70至95%之程度之聚乙酸乙烯酯製成者。

可以陣列形式擠壓散射纖維，藉由加熱經擠壓陣列並施加合適張力使得拉伸散射纖維以得到導致所要折射率值之拉伸比從而定向散射纖維。

形成複合纖維之散射纖維之定向陣列可形成為紗線。紗線亦可視情況併入其他類型之纖維。藉由形成纖維束或藉由編織纖維以形成織品，較佳以單一方向定向紗線。擠壓

之後藉由在任何製造階段洗滌紗線可移除可溶性聚合物填充劑。

可以液體、較佳為可固化樹脂液體浸漬經洗滌之散射纖維。可使用任何合適技術硬化樹脂(例如可熱固化及/或輻射固化樹脂)以形成含有聚合物纖維之基質。在某些例示性實施例中，固化樹脂使得基質具有平坦表面。在其他例示性實施例中，可固化樹脂以在一或多個表面上具有所要結構。舉例而言，可固化樹脂同時其具有接觸微複製工具之微結構化表面之表面。合適微結構化表面之實例包括經機械加工之金屬表面、電鑄複本或模製聚合物薄膜。在基質表面上所形成之合適微結構之實例包括線性稜柱狀結構、非線性稜柱狀結構、菲涅耳表面、微透鏡及其類似物。

現在參考圖 12A 及 12B 討論使用複合纖維形成光學元件之另一方法。圖 12A 中展示許多獨立複合纖維 1201。此等纖維 1201 含有散射纖維 1202 及在散射纖維 1202 之間之填充劑 1204。在所說明之實施例中，複合纖維 1201 具有矩形橫截面且具有以缺乏對稱性之特定規則橫截面圖案排列之散射纖維 1202。可使用例如圓形、橢圓形、矩形及其類似形狀之其他形狀之複合纖維 1201，且可使用散射纖維 1202 之其他橫截面排列。

一起熔合纖維 1201 以形成如圖 12B 所圖解說明之單一體 1210。虛線展示熔合之前纖維 1201 之間之邊界通常所在處。可使用不同方法一起熔合纖維 1201。舉例而言，經由施加壓力及/或熱量可一起熔合纖維 1201。當將熱量施加至

纖維 1201 時，纖維 1201 之溫度不必需達到纖維 1201 之聚合物材料之熔融溫度，而僅需要達到足以允許纖維 1201 彼此黏著之溫度。舉例而言，溫度可達到在填充劑 1204 之玻璃溫度 T_g 以上但在纖維 1201 之聚合物組份之至少一者之熔融溫度以下的值。在另一方法中，可以將纖維 1201 黏著在一起之材料塗布纖維 1201 或浸漬纖維 1201 之間之間隔。此材料例如可為諸如丙烯酸酯之可固化樹脂。黏著材料之折射率接近複合纖維 1201 之填充材料之折射率為較佳的。在另一方法中，可以使得複合纖維 1201 之表面發黏之溶劑處理複合纖維 1201，結果為複合纖維 1201 經由施加壓力而彼此黏著。

可在熔合之前作為個別纖維排列纖維 1201，且在熔合之前平行於彼此(如說明)對準纖維 1201。在某些方法中，在熔合之前不必需平行於彼此對準纖維 1201。在其他方法中，熔合之前可以紗線、纖維束或織物形式提供纖維 1201。在熔合之前可能或可能不彼此對準地排列個別紗線、纖維束或織物。可在熔合之前或之後拉伸複合纖維 1201 使得定向雙折射聚合物。

一種製造複合纖維之方法為使用經設計用於製造複合纖維之進料塊共擠壓多個散射纖維。在 Handbook of Fiber Science and Technology: High Technology Fibers Part D，第 3 卷；Lewin 及 Preston(編者)，Marcel Dekker, 1996, ISBN 0-8247-9470-2 中詳細討論此等方法。可使用其他纖維結構及橫截面分佈，包括彼等在此參考文獻中所描述者。可在

擠壓以定向雙折射材料之後拉伸複合纖維。擠壓可為反應性擠壓製程，例如通常與環氧樹脂一起使用。在其他方法中，可擠壓單體隨後進行後擠壓固化。

某些類型之共擠壓進料塊包含許多堆疊在一起之板，其中該等板具有在一或兩側上提供之通道及/或孔洞以允許液體聚合物材料穿過板之一側到達另一側。設計通道及孔洞使得當板堆疊在一起時，內部少量的輸入埠通過遞增之多個通道通向輸出端。排列不同輸出孔洞使得穿過進料塊輸出端之共擠壓物之橫截面含有在所要類型填充材料之"海"內的所要類型散射纖維聚合物材料之"島"。在2005年2月28日申請之代理人案號為60401US002之美國專利申請案序號第11/068,159號"COMPOSITE POLYMERIC OPTICAL FILMS WITH CO-CONTINUOUS PHASES"中更詳細討論適合於擠壓複合纖維內之散射纖維之進料塊。

實例

在複合纖維共擠壓之實例中，組裝具有一百十八個經雷射加工之板及十一個經末端碾磨之板的進料塊。進料塊亦包括兩個輸入埠及約1000個"島"輸出埠。設計進料塊以達成具有大體上相等聚物流量之散射纖維。在圖13之照片中展示穿過所得共擠壓物複合纖維之橫截面。複合纖維包含在由Eastman Chemical Co., Kingsport, TN供應之PETG共聚酯 Eastar™ 6763之填充劑"海"中作為散射纖維"島"之PEN(90%)/PET(10%)共聚物。經擠壓複合纖維之直徑為約200 μm 。不拉伸複合纖維，但在維持幾何形狀之同時拉伸



的情況下可達到約 25 μm 之直徑，意即直徑減小約 87%。在此種拉伸下，散射纖維之間之间距將為約 500 nm。散射纖維之橫截面尺寸將視兩種不同聚合物材料之流動速率比而定。

可形成包含數千個大致彼此平行之此等複合纖維之纖維束。藉由以類似於參考圖 12A 及 12B 所述者之方式在高溫(例如約 150°C)下一起壓製以形成熔合薄片從而可將此等纖維束熔合在一起。

不應認為本發明限於以上描述之特殊實例，而應理解為涵蓋隨附申請專利範圍中清晰陳述之本發明之所有態樣。本發明可適用之各種修改、均等方法以及許多結構將易於由彼等熟習本發明所關於之技術者在審閱本說明書之後而瞭解。申請專利範圍意欲涵蓋此等修改及裝置。

【圖式簡單說明】

圖 1 圖解說明含有根據本發明之聚合物纖維之光學元件；

圖 2A-2K 圖解說明根據本發明原理之複合纖維之各種實施例的橫截面視圖；

圖 3A-3I 圖解說明根據本發明原理之複合纖維之各種額外實施例的橫截面視圖；

圖 3J-3M 圖解說明根據本發明原理之複合纖維之更多實施例的橫截面視圖，其展示橫截面尺寸沿散射纖維之變化；

圖 4 呈現展示作為散射纖維半徑之函數之光散射效率的圖表；

圖 5 圖解說明根據本發明原理之複合纖維之實施例，該複

合纖維包括具有核心/外殼構造之散射纖維；

圖6圖解說明根據本發明原理之複合纖維紗線之實施例；

圖7A-7E圖解說明穿過含有根據本發明原理之複合纖維之光學元件之實施例的橫截面視圖；

圖7F-7J圖解說明穿過具有根據本發明原理之結構化表面之光學元件之實施例的橫截面視圖；

圖8A-8D圖解說明製造含有根據本發明原理之複合纖維之光學元件之方法的實施例中的步驟；

圖9圖解說明可用於製造根據本發明原理之複合纖維光學元件之方法之實施例中的複合纖維束；

圖10圖解說明可用於製造根據本發明原理之複合纖維光學元件之方法之實施例中的複合纖維織物；。

圖11A及11B圖解說明可用於根據本發明原理之複合纖維光學元件中的複合纖維織物之實施例之橫截面視圖；

圖12A及12B圖解說明熔合多個複合纖維以形成根據本發明原理之熔合複合纖維光學元件之步驟的實施例；及

圖13呈現拉伸之前穿過共擠壓複合纖維之橫截面之照片。

雖然本發明服從各種修改及替代形式，但已在圖中以實例之方式展示其細節且將詳細加以描述。然而，應理解不意欲將本發明限於所描述之特定實施例。相反，意欲涵蓋在隨附申請專利範圍所界定之本發明之精神及範疇內的所有修改、均等物及替代物。

【主要元件符號說明】

100	光學元件
102	聚合物基質
104	複合聚合物纖維
200	複合纖維
202a	散射纖維
202b	散射纖維
202	散射纖維
204	填補劑
206	外層
210	複合纖維
220	複合纖維
230	複合纖維
240	複合纖維
250	複合纖維
255	複合纖維
260	複合纖維
265	複合纖維
270	複合纖維
275	複合纖維
300	非圓形複合纖維
310	非圓形複合纖維
312	間隙
320	非圓形複合纖維
330	非圓形複合纖維



340	非圓形複合纖維
350	複合纖維
352	散射纖維
360	複合纖維
362	散射纖維
370	複合纖維
372a	纖維
372b	纖維
372	散射纖維
380	複合纖維
382	橢圓形纖維
384	圓形纖維
400	複合纖維
402	基質
404a	散射纖維
404b	散射纖維
404	散射纖維
406	區域
408	區域
410	複合纖維
412	基質
414a	散射纖維
414b	散射纖維
414	散射纖維



416	區域
500	複合纖維
502	散射纖維
504	填補劑
506	外層
508	外殼層
510	核心
600	紗線
602	纖維
700	光學元件
702	基質
704	複合纖維
705	光
706	光源
708a	光
708b	光
712	基質
714	複合纖維
715	光學元件
716	光源
720	元件
722	基質
724	複合纖維
726	彎曲表面



728	光 線
730	元 件
731	主 體
732	基 質
734	複 合 纖 維
736	稜 柱 形 結 構 化 表 面
737	結 構
738	離 軸 光 線
739	離 軸 光 線
740	光 學 元 件
750	元 件
760	元 件
762	基 質
764a	纖 維
764	聚 合 物 纖 維
766	表 面
802	複 合 纖 維
804	聚 合 物 層
806	聚 合 物 層
808	聚 合 物 層
906	纖 維 束
908	橫 構 架
1006	織 物
1008	橫 纖 維



1102	光
1106	織物
1201	複合纖維
1202	散射纖維
1204	填充劑
1210	單一體

十、申請專利範圍：

1. 一種複合聚合物纖維，其包含：

一聚合物填充材料；及

複數條安置在該填充材料內之聚合物散射纖維，該等散射纖維具有縱向軸，該等縱向軸大體上平行於該複合聚合物纖維之縱向軸；

其中該填充材料及該等散射纖維之至少一者係由雙折射材料形成，該填充材料及該等散射纖維之折射率對於以第一偏振狀態入射於該複合聚合物纖維上之光而言大體上匹配且對於以與該第一偏振狀態正交之第二偏振狀態入射之光而言大體上不匹配。

2. 如請求項1之複合聚合物纖維，其中該纖維具有大體上圓形橫截面。
3. 如請求項1之複合聚合物纖維，其中該纖維具有大體上非圓形橫截面。
4. 如請求項1之複合聚合物纖維，其中該等散射纖維中之至少某些具有大體上圓形橫截面。
5. 如請求項1之複合聚合物纖維，其中該等散射纖維中之至少某些具有大體上非圓形橫截面。
6. 如請求項1之複合聚合物纖維，其中該等散射纖維中之至少某些扭絞在一起。
7. 如請求項1之複合聚合物纖維，其中該等散射纖維中之至少某些係不規則地排列在該複合纖維之橫截面上。
8. 如請求項1之複合聚合物纖維，其中該等散射纖維中之至

少某些係規則地排列在該複合纖維之橫截面上。

9. 如請求項8之複合聚合物纖維，其中該等散射纖維中之至少某些係排列在該複合纖維之橫截面上的規則網格圖案位置上，其中該規則網格圖案之至少一個位置不具有散射纖維。
10. 如請求項8之複合聚合物纖維，其中在該複合纖維內排列之散射纖維中之至少某些使得散射纖維之排列為橫向入射於該複合纖維上之光提供光譜選擇性性質。
11. 如請求項1之複合聚合物纖維，其進一步包含包圍個別散射纖維之覆蓋層。
12. 如請求項11之複合聚合物纖維，其中該等散射纖維係由散射纖維材料形成且該覆蓋層係由該填充材料及該散射纖維材料中之一者形成。
13. 如請求項1之複合聚合物纖維，其中該等散射纖維之至少一者包含包圍核心之外殼，該外殼及核心由不同材料形成。
14. 如請求項1之複合聚合物纖維，其中該等散射纖維之至少一者包含在第二聚合物材料之連續相中的第一聚合物材料之分散相。
15. 一種光學體，其包含：
 - 一聚合物基質；及
 - 複數條安置在該聚合物基質內之聚合物複合纖維，該等聚合物複合纖維之至少一者包含第一聚合物材料之複數條散射纖維，其係位在不同於該第一聚合物材料之第

- 二聚合物材料之填充劑內，該等聚合物複合纖維大體上平行地排列於該聚合物基質中，該聚合物基質、該第一聚合物材料及該第二聚合物材料之至少一者為雙折射。
16. 如請求項15之光學體，其中該等第一及第二聚合物材料之至少一者為雙折射。
17. 如請求項15之光學體，其中該聚合物基質包含該第一聚合物材料及該第二聚合物材料中之一者。
18. 如請求項15之光學體，其中該聚合物基質包含不同於該等第一及第二聚合物材料之基質材料。
19. 如請求項15之光學體，其中該等散射纖維之至少一者包含分散相散射纖維，該分散相散射纖維包含在連續相中之分散相。
20. 如請求項15之光學體，其中將該等複合纖維中之至少某些扭絞在一起以形成紗線。
21. 如請求項15之光學體，其進一步包含安置在該聚合物基質內之纖維織物，該纖維織物包含該複數條聚合物複合纖維。
22. 如請求項21之光學體，其中該複數條聚合物纖維包含該纖維織物之經紗及緯紗中之一者。
23. 如請求項22之光學體，其中該纖維織物之該經紗及該緯紗之另一者包含光學各向同性聚合物纖維、光學各向同性天然纖維、玻璃纖維、玻璃-陶瓷纖維及陶瓷纖維之至少一者。
24. 如請求項22之光學體，其中該纖維織物之該經紗及該緯

紗之另一者包含各向同性纖維，該等各向同性纖維具有一折射率，該折射率大體上類似於該聚合物基質之折射率。

25. 如請求項22之光學體，其中該纖維織物之該經紗及該緯紗之另一者包含各向同性纖維，該等各向同性纖維具有一折射率，該折射率大體上不同於該聚合物基質之折射率。

26. 如請求項21之光學體，其中在該纖維織物中之聚合物纖維大體上為直的。

27. 如請求項15之光學體，其中在穿過該聚合物基質之橫截面中以隨機圖案排列該複數條複合纖維。

28. 如請求項15之光學體，其中在穿過該聚合物基質之橫截面中以規則圖案排列該複數條複合纖維。

29. 如請求項15之光學體，其中該聚合物基質形成為含有該複數個聚合物纖維之層，該層具有大體上平坦且平行之表面。

30. 如請求項15之光學體，其中該聚合物基質形成為具有至少一個結構化表面之層。

31. 如請求項30之光學體，其中該至少一個結構化表面為穿過該物體透射之光提供光功率。

32. 如請求項30之光學體，其中該至少一個結構化表面包含稜柱狀結構之陣列。

33. 如請求項15之光學體，其中該等複合纖維之至少一者包含包圍該基質及該等散射纖維之覆蓋層。

34. 一種製造光學體之方法，其包含：

擠壓複合纖維，各複合纖維均含有複數個由第一聚合物製成之散射纖維，該等散射纖維分散在由第二聚合物製成之填充劑中，該第二聚合物為可溶的；

定向該第一聚合物使得該第一聚合物變成雙折射的；

形成含有該等經定向複合纖維之紗線；

在溶劑中洗滌該紗線以移除該第二聚合物；

形成紗線之陣列，其中紗線之該陣列具有較佳定向；

用樹脂浸透紗線之該陣列；及

硬化該樹脂。

35. 如請求項34之製造光學體之方法，其進一步包含在形成該紗線之前定向該第一聚合物。

36. 如請求項34之製造光學體之方法，其進一步包含在形成該紗線之後定向該第一聚合物。

37. 如請求項34之製造光學體之方法，其中形成紗線之該陣列係包含編織該紗線。

38. 如請求項34之製造光學體之方法，其中形成紗線之該陣列係包含形成紗線之單軸定向束。

39. 如請求項34之製造光學體之方法，其中硬化該樹脂係包含固化該樹脂。

40. 如請求項39之製造光學體之方法，其中固化該樹脂係包含光固化該樹脂。

41. 如請求項39之製造光學體之方法，其中固化該樹脂係包含熱固化該樹脂。

42. 如請求項39之製造光學體之方法，其中固化該樹脂係包含在以微複製工具之表面接觸該樹脂之同時固化該樹脂。

43. 如請求項42之製造該光學體之方法，其進一步包含使用該微複製工具在該物體上形成結構化表面。

44. 一種製造光學體之方法，其包含：

擠壓複合纖維，各複合纖維均含有複數條由第一聚合物製成之散射纖維，該等散射纖維分散在由第二聚合物製成之填充劑中，該等第一及第二聚合物之至少一者為可定向的；

將該等複合纖維排列在一起；及

熔合該等複合纖維以形成經熔合光學體。

45. 如請求項44之方法，其中熔合該等複合纖維係包含將壓力及熱中之至少一者施加至該等複合纖維。

46. 如請求項45之方法，其中熔合該等複合纖維係包含將壓力及熱量兩者同時施加至該等複合纖維。

47. 如請求項44之方法，其中熔合該複數條複合纖維係包含使用黏著劑將該等複合纖維黏附在一起。

48. 如請求項44之方法，其中熔合該複數條複合纖維係包含以溶劑處理該複數條複合纖維且將該等經處理之複合纖維壓製在一起。

49. 如請求項44之方法，其進一步拉伸該等複合纖維以將可定向之第一及第二聚合物中之至少一者定向。

50. 如請求項44之方法，其進一步包含在熔合該等複合纖維

之前拉伸該等複合纖維。

51. 如請求項44之方法，其進一步包含在熔合該等複合纖維之後拉伸該等複合纖維。

52. 如請求項44之方法，其中將該等複合纖維排列在一起係包含將該等複合纖維排列成大體上彼此平行。

53. 如請求項44之方法，其中將該等複合纖維排列在一起係包含將該等複合纖維形成為至少一束。

54. 如請求項44之方法，其中將該等複合纖維排列在一起係包含將該等複合纖維形成為至少一個纖維織物。

十一、圖式：

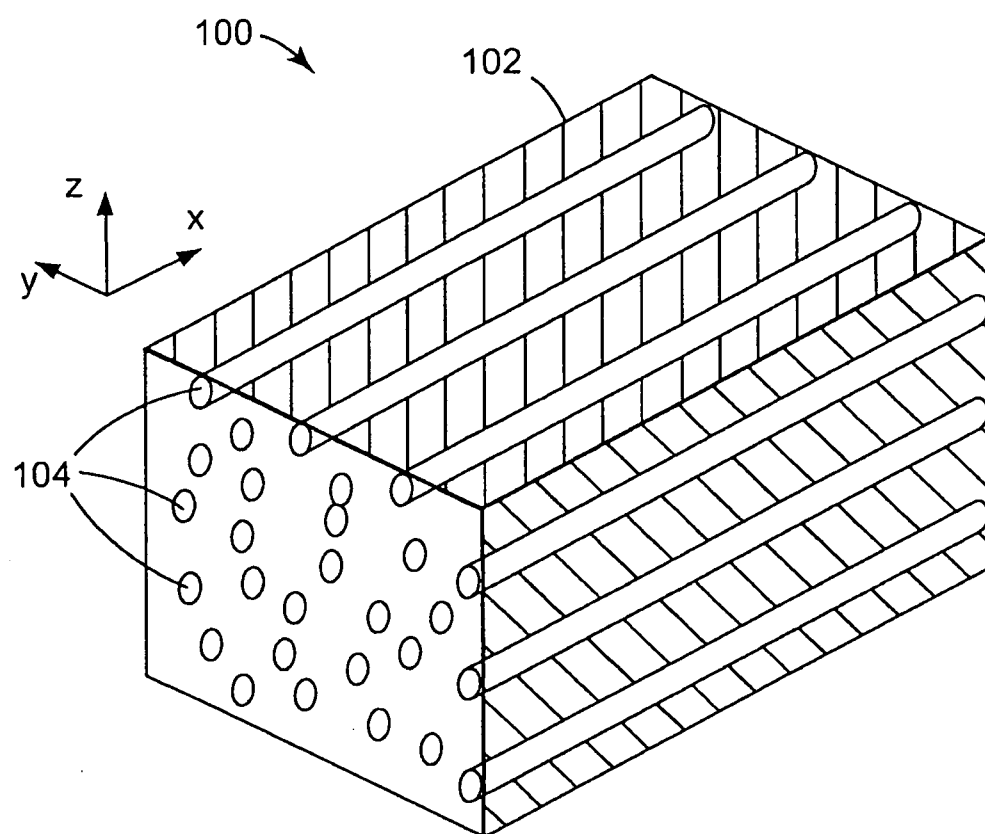


圖 1

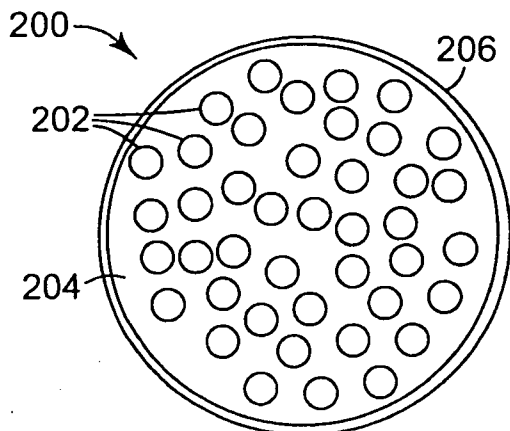


圖 2A

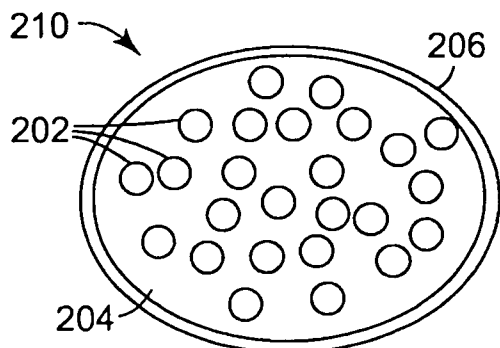


圖 2B

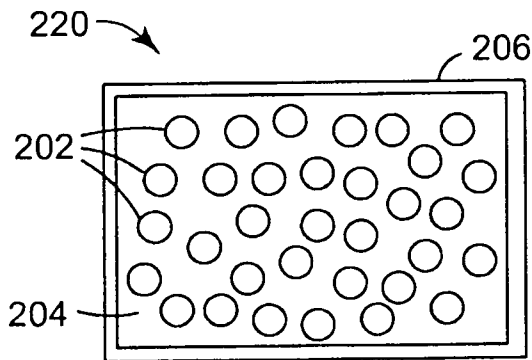


圖 2C

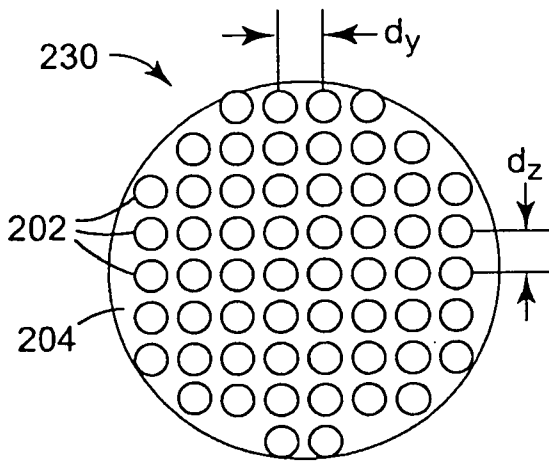


圖 2D

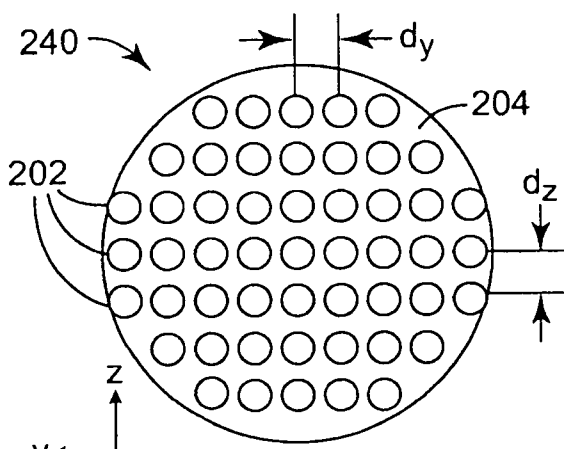


圖 2E

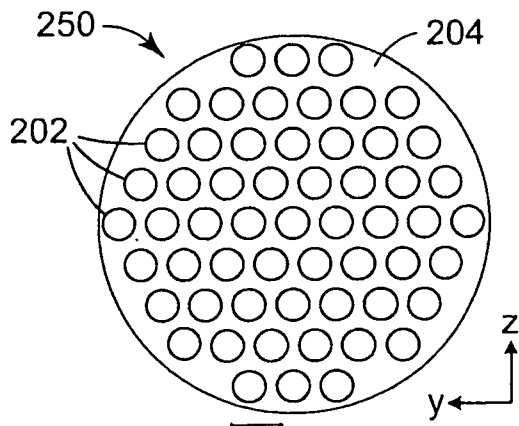


圖 2F



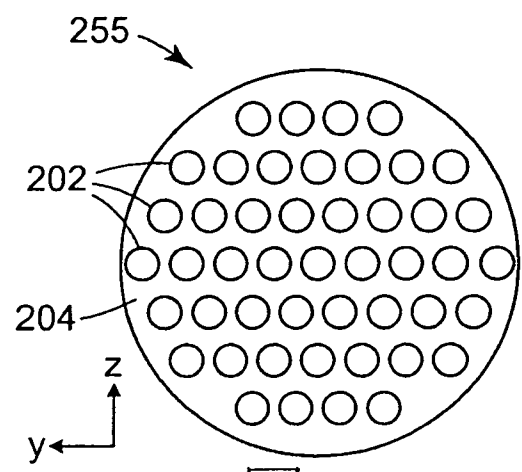


圖 2G

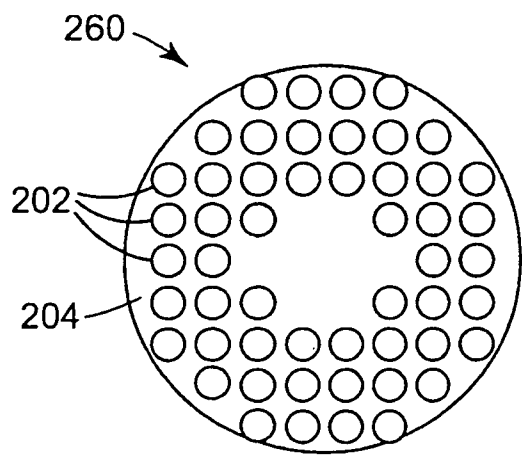


圖 2H

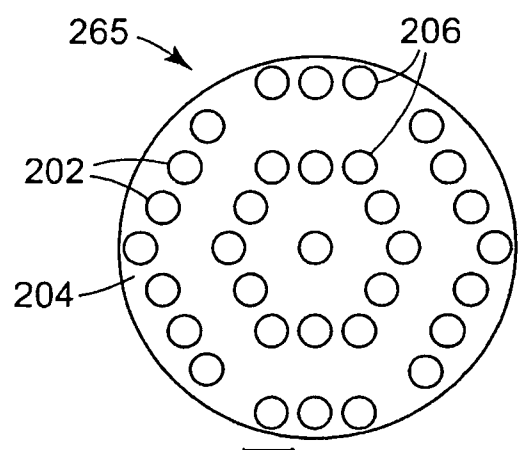


圖 2I

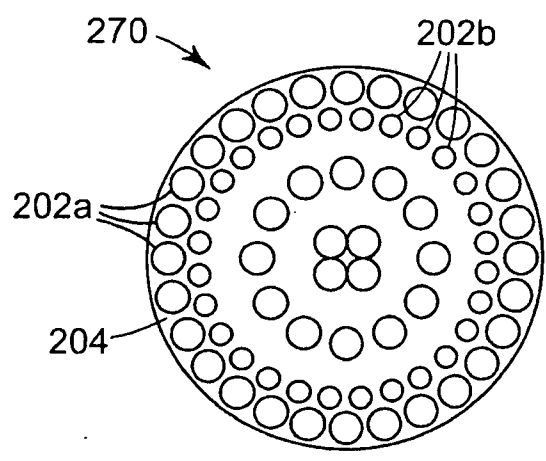


圖 2J

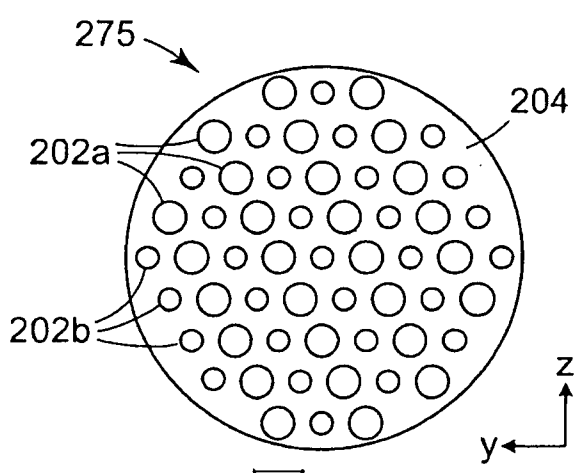
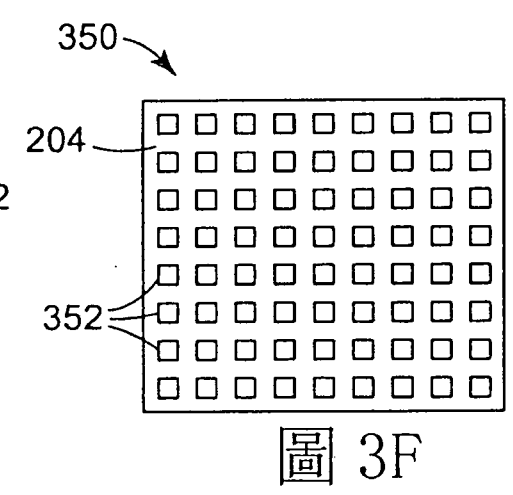
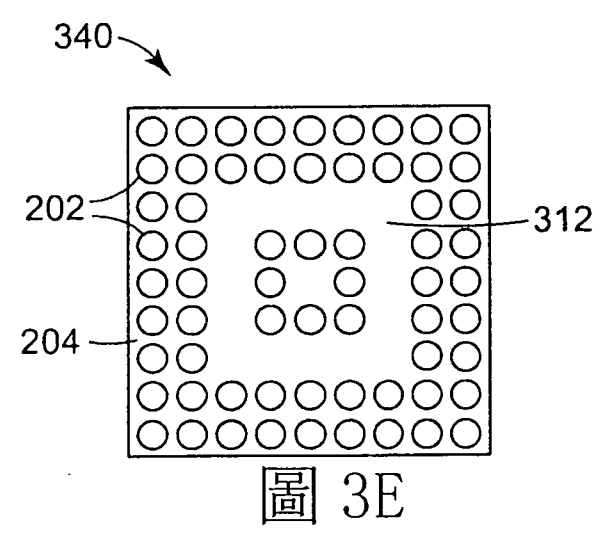
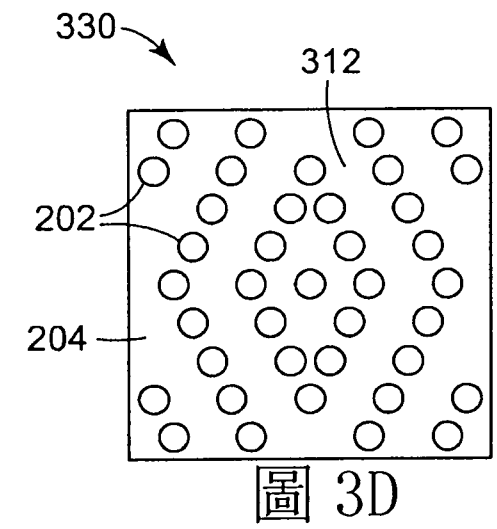
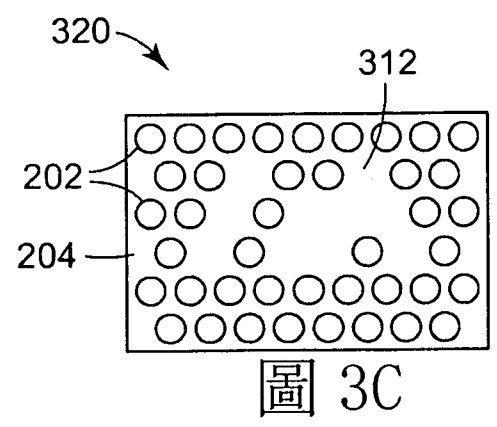
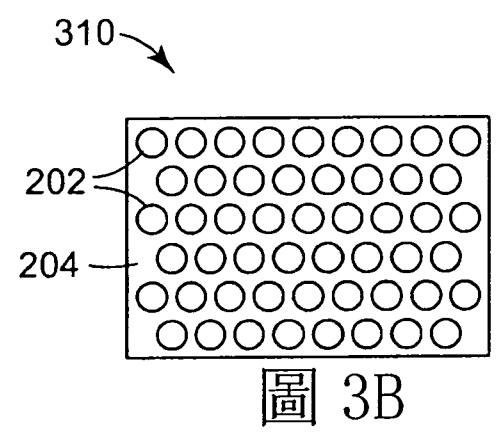
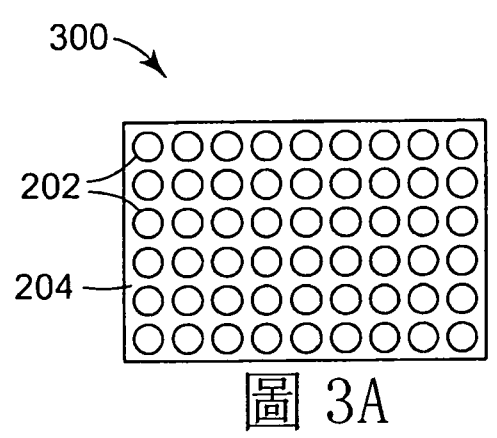


圖 2K





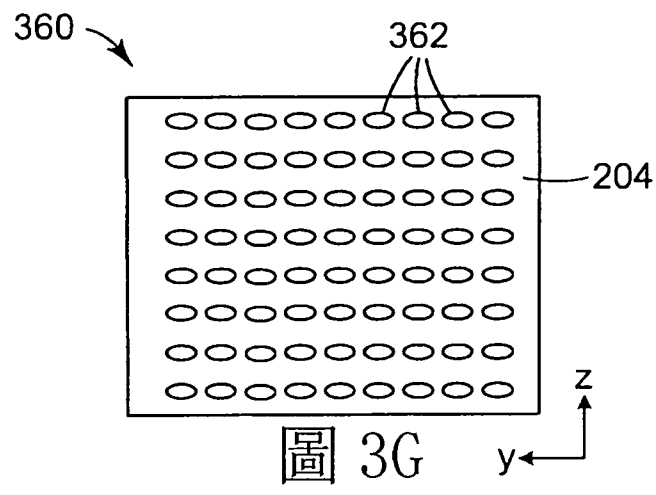


圖 3G

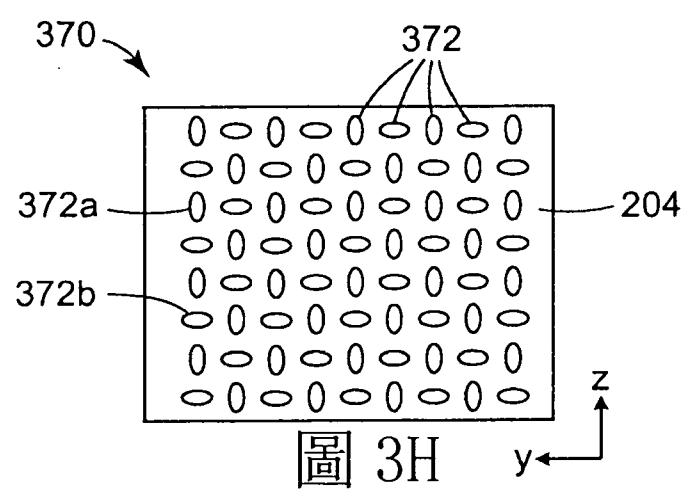


圖 3H

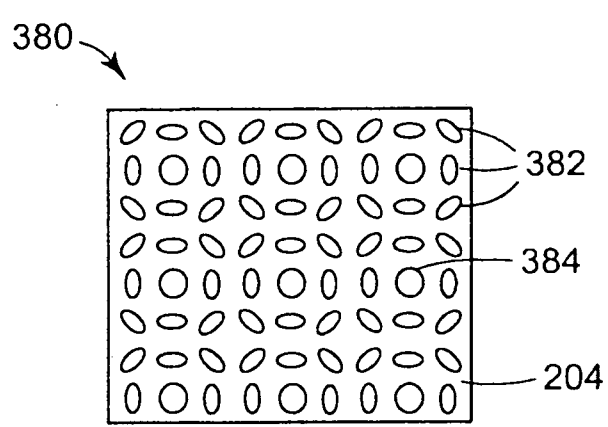
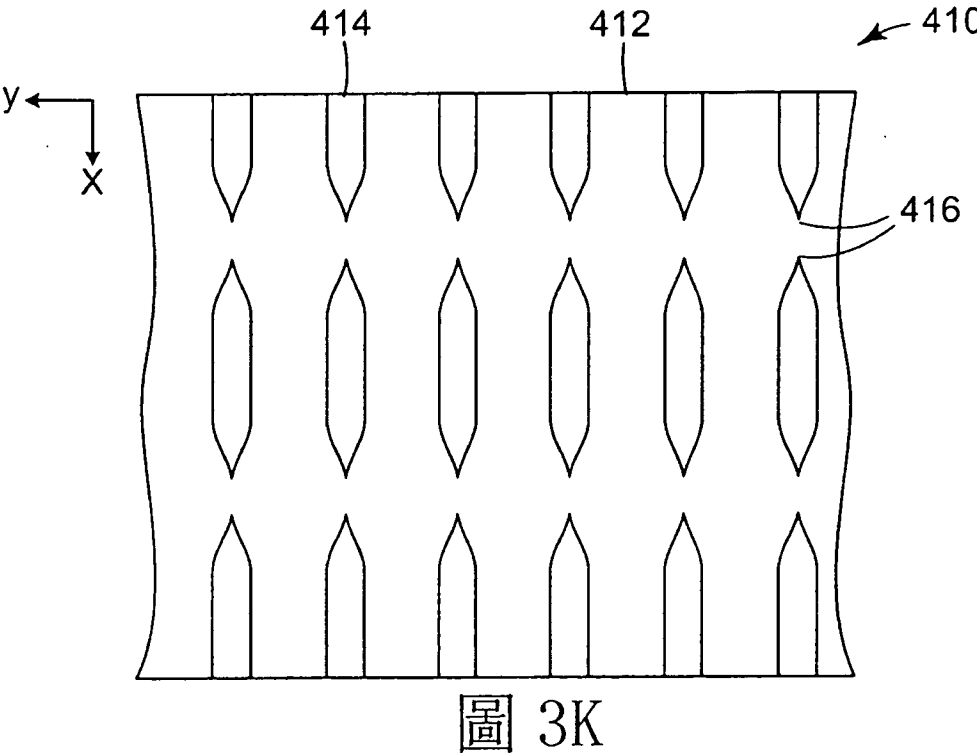
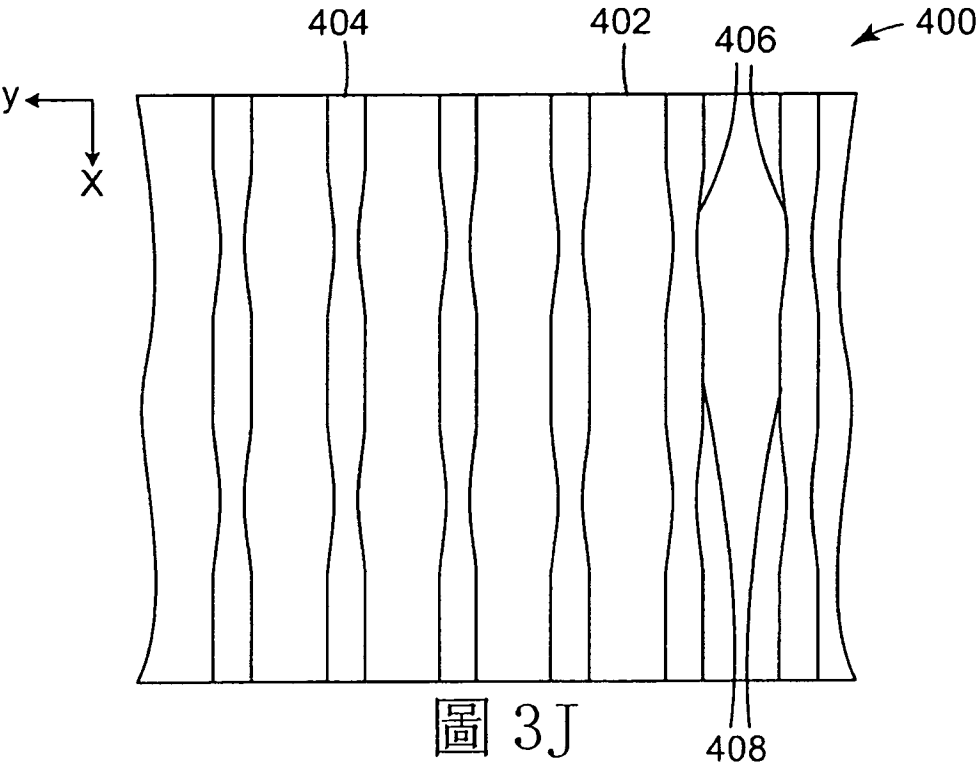


圖 3I





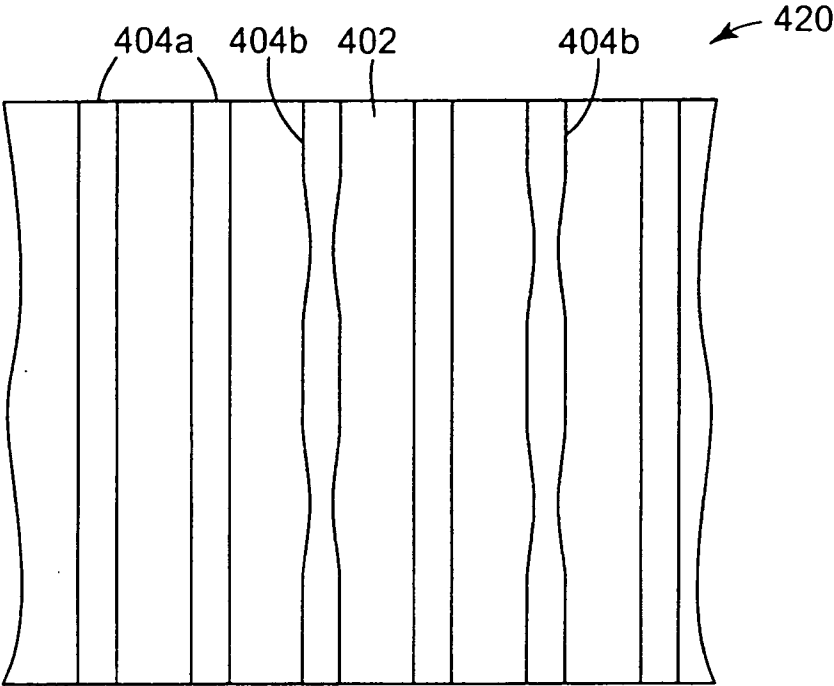


圖 3L

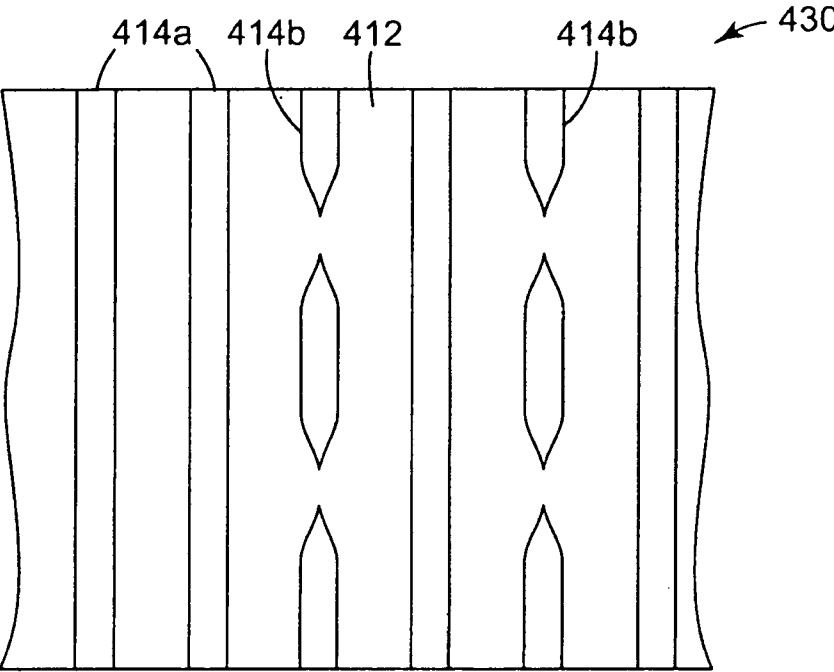
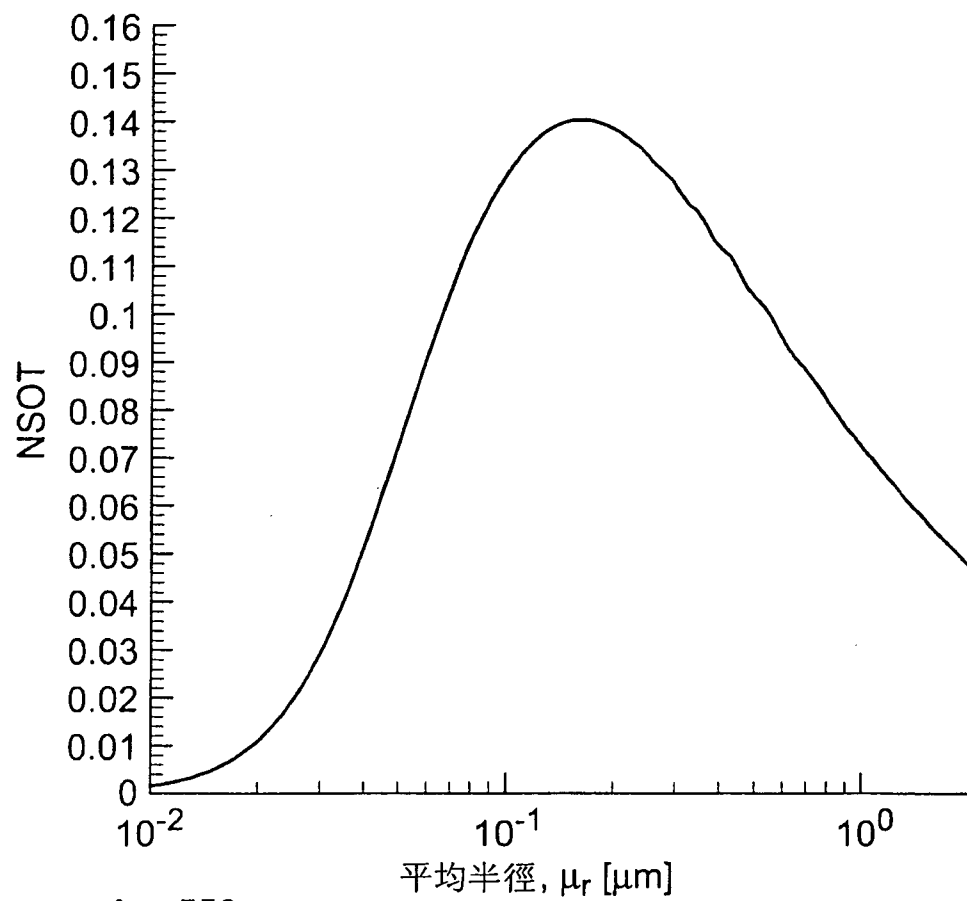


圖 3M





$\lambda = 550 \text{ nm}$

$\sigma_r = \mu_r/2$

$n_{\text{med}} = 1.54$

$n_{\text{scatt}} = 1.7$

圖 4

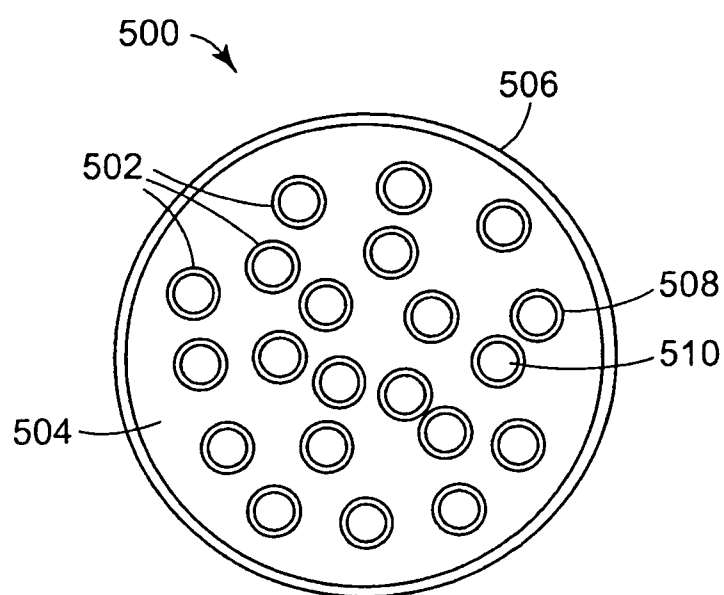


圖 5

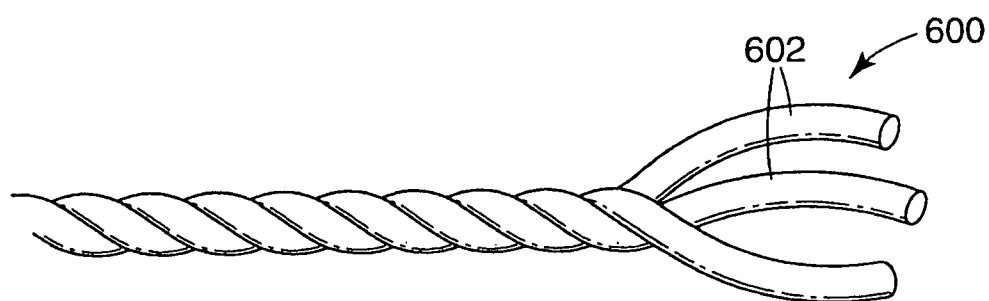


圖 6

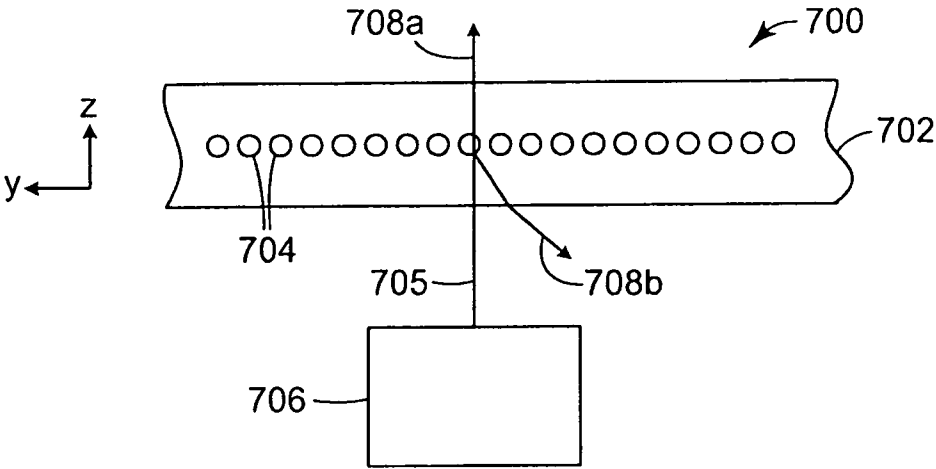


圖 7A

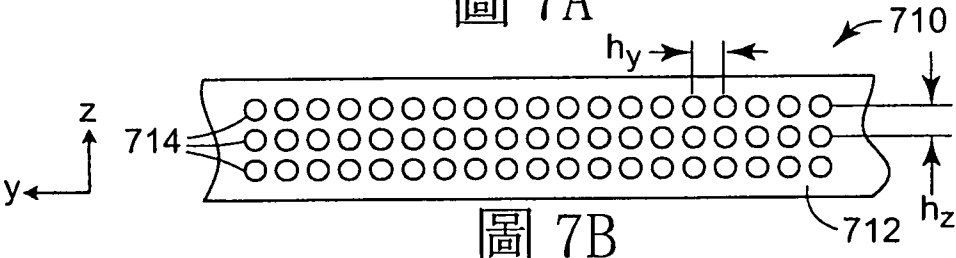


圖 7B

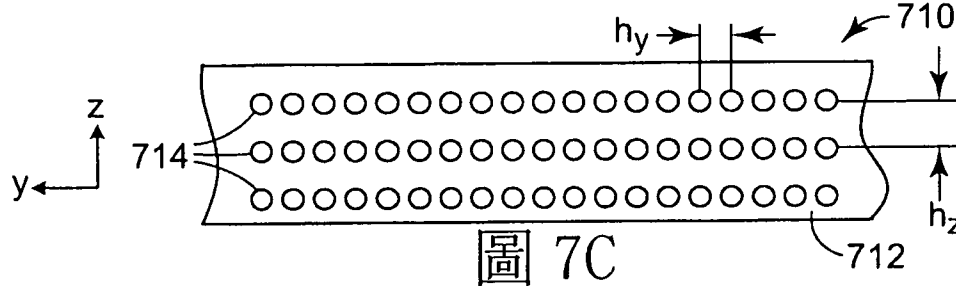


圖 7C

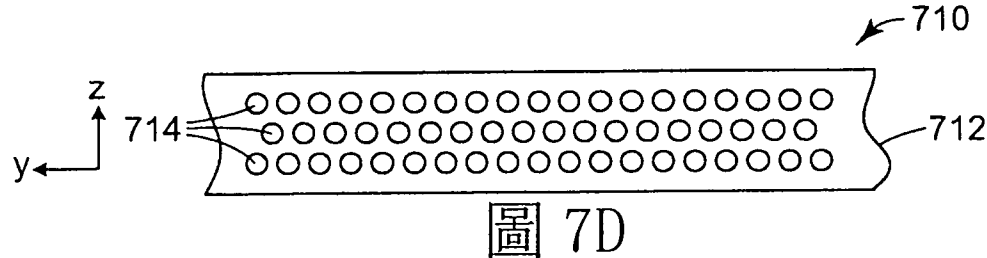


圖 7D

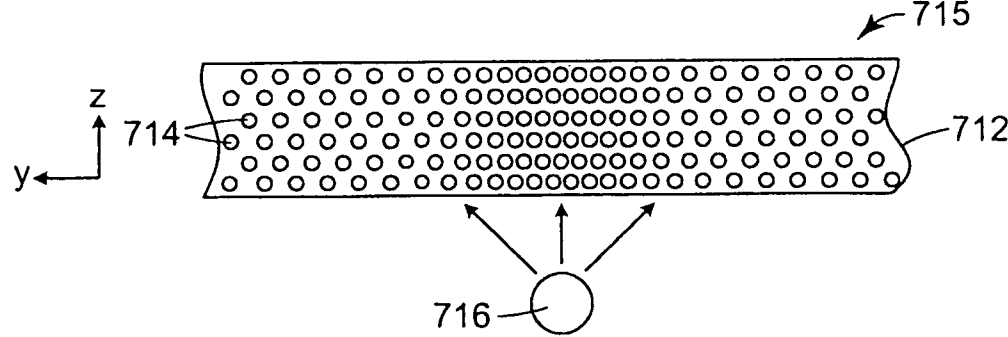


圖 7E



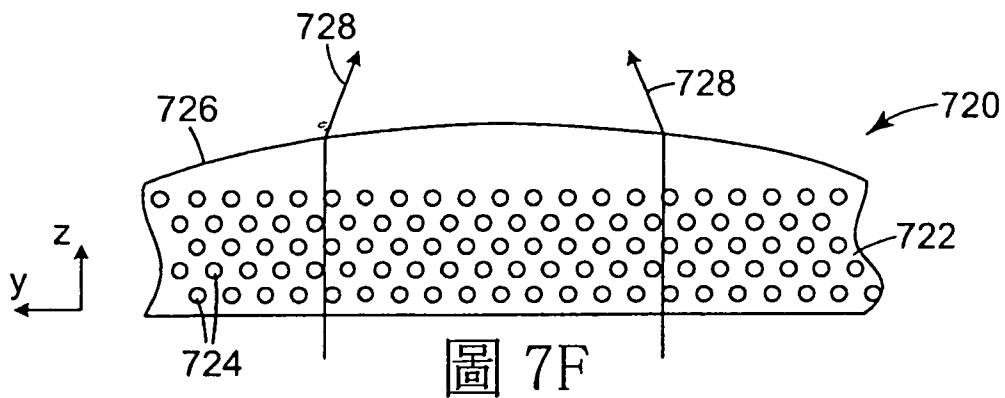


圖 7F

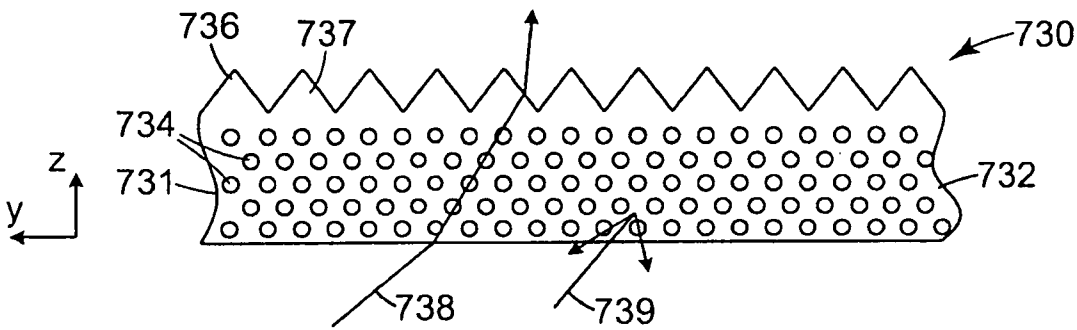


圖 7G

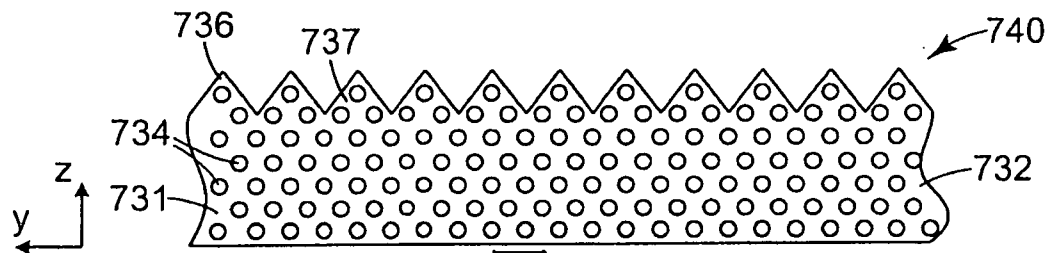


圖 7H

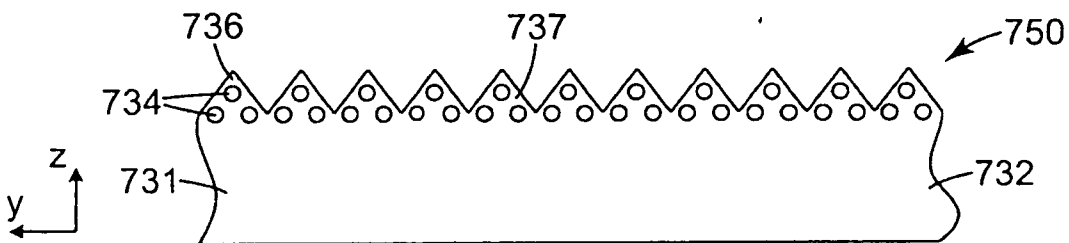


圖 7I

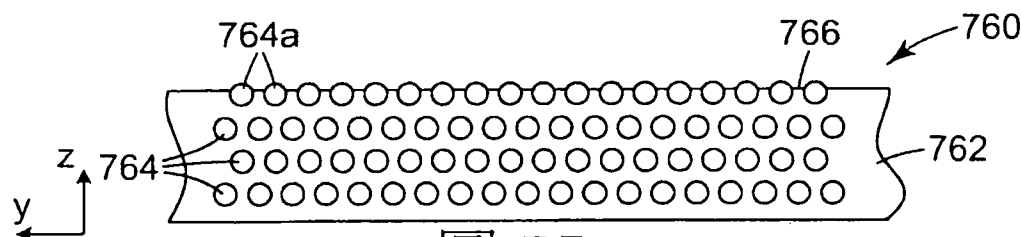


圖 7J



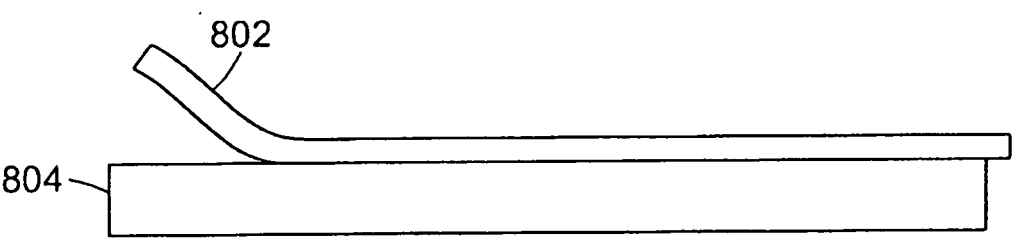


圖 8A

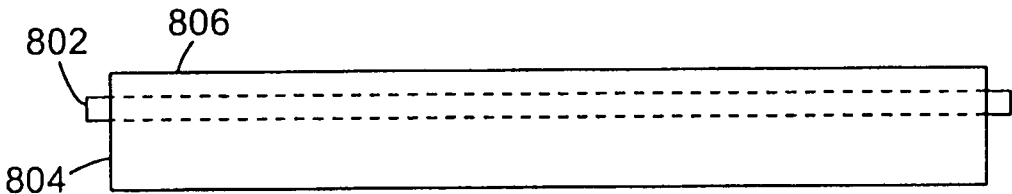


圖 8B

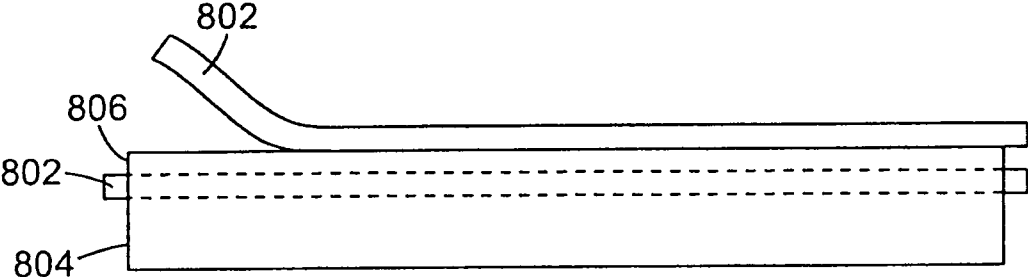


圖 8C

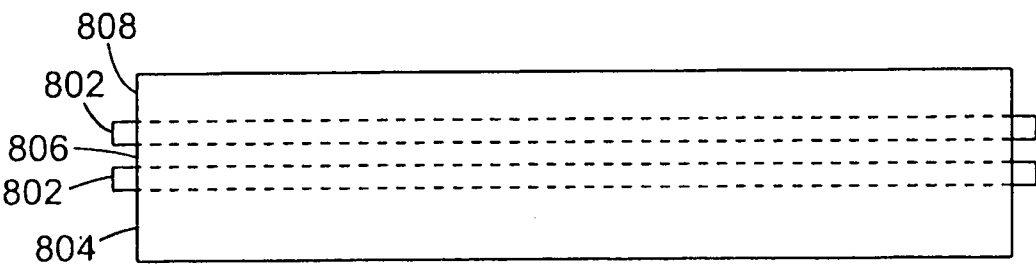


圖 8D



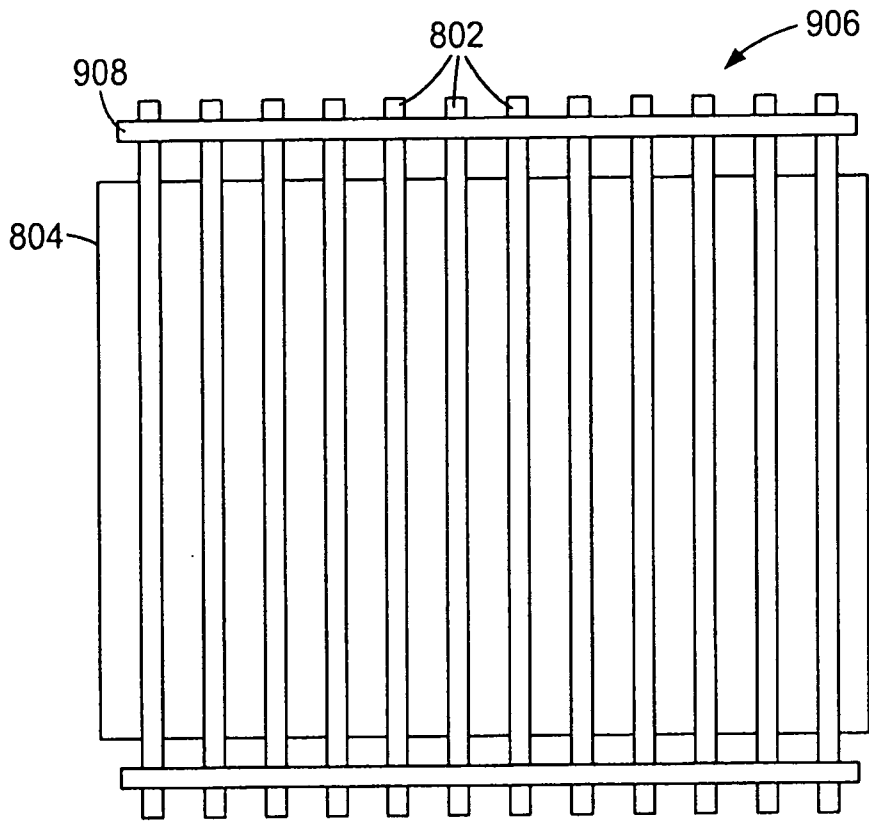


圖 9

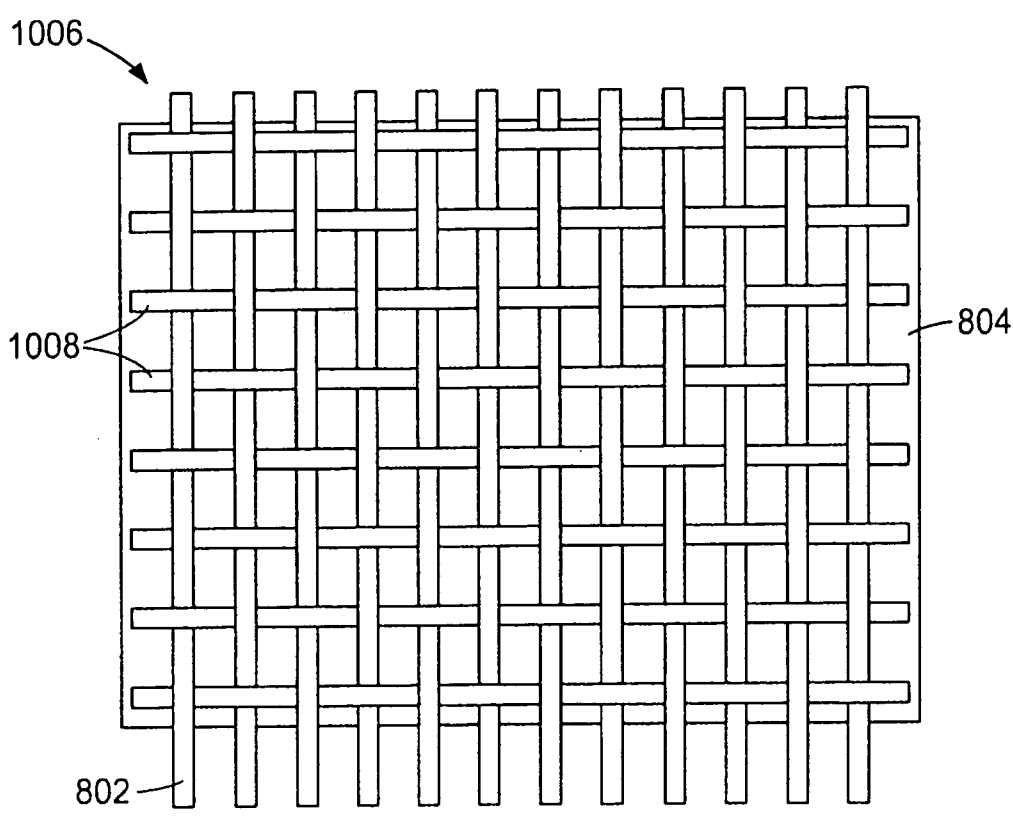


圖 10



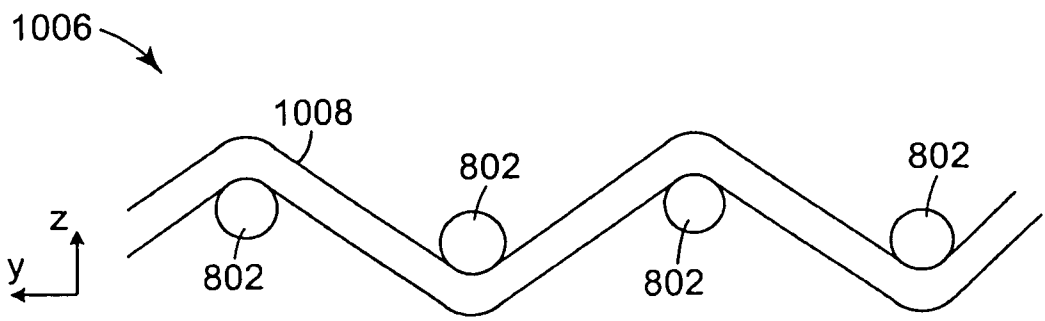


圖 11A

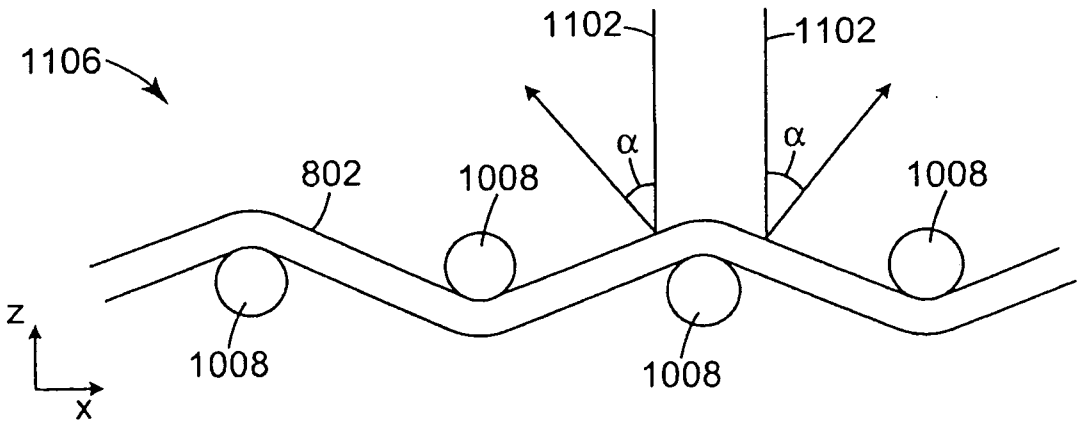


圖 11B



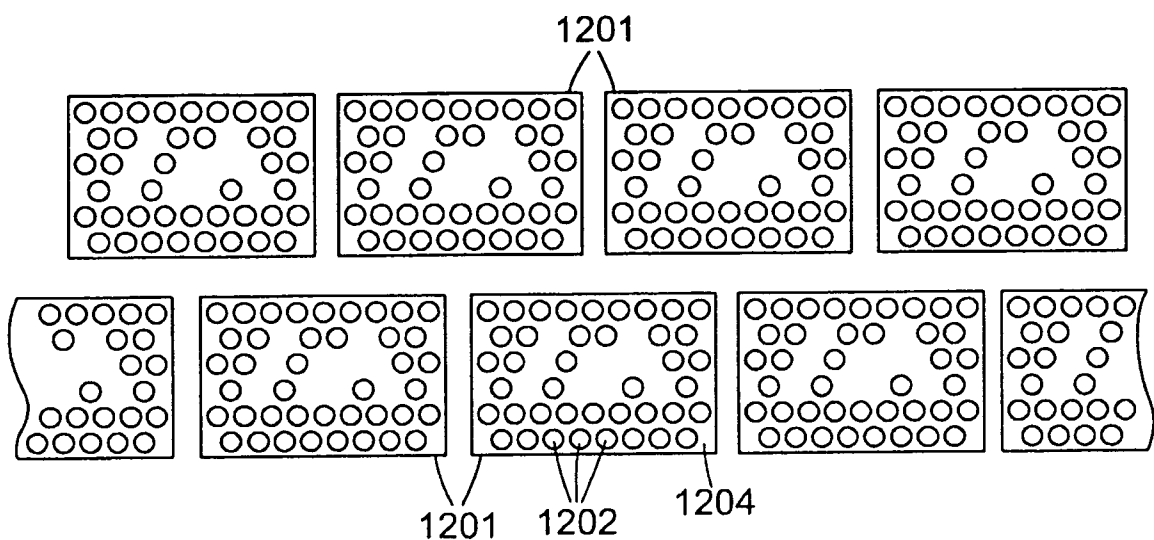


圖 12A

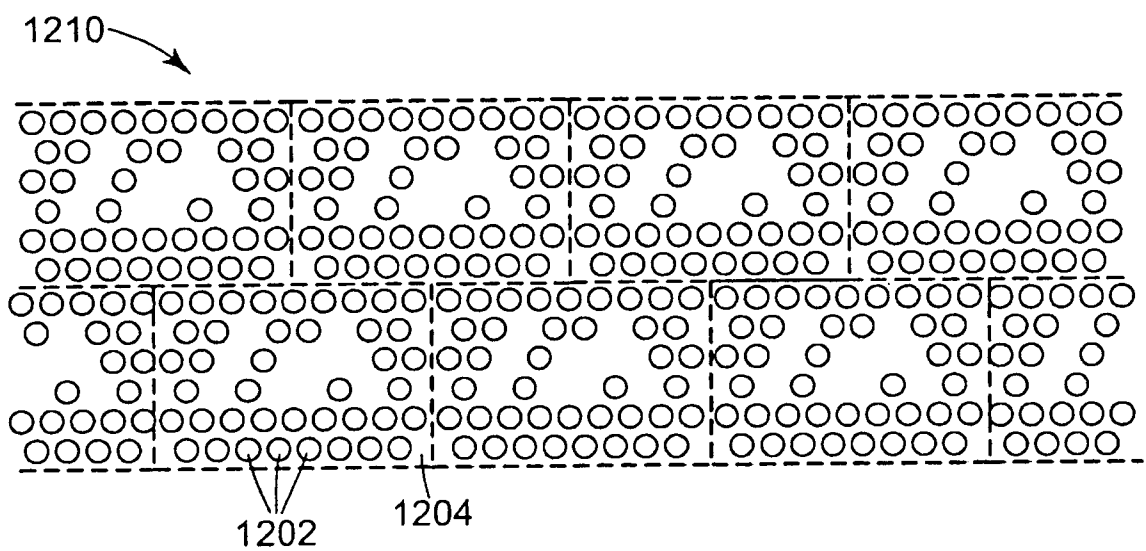


圖 12B



圖 13